

Grupo 8: Braunstein, Solis, Torres

Índice

- [Clase 1](#)
- [Clase 2](#)
- [Clase 3](#)

1. [Clase 1 - 27/01/2025](#)

FUENTES PARA NO OLVIDARME:

https://archive.org/details/Yuri_M_Galperin_Introduction_to_Modern_Solid_State_Physics/page/n113/mode/2up?view=theater

Peltier-Temperatura

Empezamos leyendo el apunte de la práctica y el paper de referencia que incluye (<https://github.com/pablocobelli/laboratorio4/tree/main/Practicas/Peltier-Temperatura>). Del primero entendemos el marco teórico de la práctica, basado en fenómenos termoeléctricos: Efectos Seebeck y Peltier. También son importantes procesos termodinámicos irreversibles que se manifestarán en la celda: la disipación de calor por efecto Joule y la de difusión de calor (descrita por la Ley de Fourier).

Las dos ecuaciones principales a tener en cuenta describen la potencia térmica emitida por las caras de la celda, y la potencia eléctrica entrando al dispositivo:

$$\begin{aligned}\dot{Q}_i &= \pm I \alpha T_i - K (T_i - T_j) + \frac{I^2 R}{2} \\ &= C_i (T_i - T_{\text{amb}}),\end{aligned}$$

(1): Calor intercambiado en cada cara de la celda. Incluye términos de Peltier, Fourier y Joule.

$$\dot{W} = V I = I \alpha \Delta T + I^2 R.$$

(2) Potencia eléctrica del dispositivo.

Experimentos

Arrancamos con una pregunta planteada en la guía:

“Para caracterizar la celda deberá determinar los valores numéricos de α y R . Piense en qué condiciones pueden medirse independientemente. ¿Es una buena aproximación haberlos considerado independientes de la temperatura?”

Con este hincapié, la primera idea es generar situaciones en las que un efecto sea aislado (o predomine) para poder caracterizar cada constante.

Leyendo de distintas *fuentes*¹, nos inspiramos para buscar diferentes situaciones en las que vamos a intentar despejar las constantes que caracterizan a la celda.

0 - CALIBRACIÓN DE INSTRUMENTOS, CONSULTAS A MANUALES PARA ESPECIFICACIONES DE USO:

Al retirar del laboratorio los instrumentos de la experiencia, vemos que podemos medir con termocuplas.

Para calibrarlas, en los informes leídos se realizan distintas operaciones. En un caso se utilizan temperaturas de fusión de diversos compuestos (para sacar una tabla V vs T), en otro se usa una fuente de agua a 0 °C como referencia (las termocuplas brindadas tienen un tupper para poner el agua) y tablas de calibración. En nuestro caso sería la segunda.

La calibración perse ya está hecha o se debe corroborar con sustancias a distintas temperaturas? El fabricante provee tablas para diferentes materiales de termocuplas y a diferentes temperaturas de referencia. Nos brinda diferentes valores de f_{em} según la temperatura que esté midiendo la termocupla. Utilizaremos eso.

En el paper de referencia suministran corriente alterna a la celda, justificando que de esa forma predomina el efecto Joule. Se supone que de esta manera, en la Ecuación (2), el primer término desaparece si se toma un promedio temporal. De esta manera la potencia medida será solo la producida por el efecto Joule.

A nuestra celda se le podrá hacer lo mismo? Hay forma de encontrar su manual para poder ver las especificaciones?? Por ejemplo para ver si se indica corriente óptima de funcionamiento, o corriente límite. Se le puede hacer lo mismo, en internet están las especificaciones de la placa (Damián recomienda mantenerse en ciertos valores de voltaje y corriente ya que nos dijo que son comerciales, hasta 12 V y no recuerdo que tanto amperaje. Tenía que ver con el código de la celda, si aparecía un 06 era que aguantaba 6 watts, 15 para 15 watts y etc).

1 - CARACTERIZACIÓN DE JOULE: OBTENCIÓN DE R.

Idea basada en el paper de guía (Kraftmakher 2005):

Usamos el equipo que es un tester y una fuente al mismo tiempo, Agilent B2901A Precision Source/Measure Unit (parece que tiene un método de 4 puntos de medición). La idea es medir con este equipo la tensión y la corriente para obtener la potencia en la celda. Alimentamos con una señal alterna para “calentar” de igual manera ambas caras de la placa. No vamos a utilizar disipadores, para tener la misma temperatura en ambas caras. Tomando el promedio de la potencia en un intervalo de tiempo deberíamos obtener solo la potencia disipada por efecto Joule.

Se puede medir la Resistencia de la placa para ver si la medimos con respecto de los mismo bornes o si usamos otros para contemplar la caída en los cables.

Idea basada en paper 2007, 2022:

Se utiliza la ecuación de potencia eléctrica para realizar un fit. Este método tiene distintas versiones:

- Fit cuadrático: Se aplica a la ecuación de potencia, $P=VI$ que es cuadrática en I por el efecto Joule.
- Fit lineal: Se divide por I la ecuación de potencia y se linealiza la Tensión para una corriente determinada.

Idea basada en el paper de guía:

Cómo podría evaluar la transferencia de potencia eléctrica con resistencias?? El paper habla de un “Load” pero no entiendo si habla de una resistencia o del equipo de medición.

2- CARACTERIZACION DE PELTIER/SEEBECK: OBTENCION DE ALPHA.

En el paper de 2022:

- Fit lineal: Se lleva al sistema al estado estacionario (se le hace circular corriente hasta que aparezca una diferencia de temperatura que no cambie) y luego se corta la corriente y se usa solo que la diferencia de potencial es proporcional a la constante de Seebeck por la diferencia de temperatura (método menos confiable para mí porque no da un sistema estacionario, la diferencia de temperatura va a evolucionar y luego también la caída de potencial).

En el paper de guía:

Se ponen en las placas dos fuentes a distintas temperaturas, y se mide la caída de tensión en función de la diferencia de temperaturas. Solo con eso puedo usar V vs T para encontrar alpha. Hay que ver acá porque se desprecia joule y fourier, y solo se presta atención a peltier. En la guía de referencia indica : “ asumiendo que el calor generado por efecto Joule se distribuye equitativamente entre ambas caras”

Se introduce una corriente en la celda de manera que enfrie la cara de arriba (o lo opuesto). Con una fuente externa (un calentador de algún tipo) se calienta para lograr que no haya diferencia de temperatura. Al no haber diferencia de temperatura no hay término de difusión, siendo la potencia entregada igual al término de Peltier y de Joule. Conociendo R, I (la suministrada) y la potencia entregada, se despeja el coeficiente de Peltier. Variando la corriente se puede hacer un ajuste.

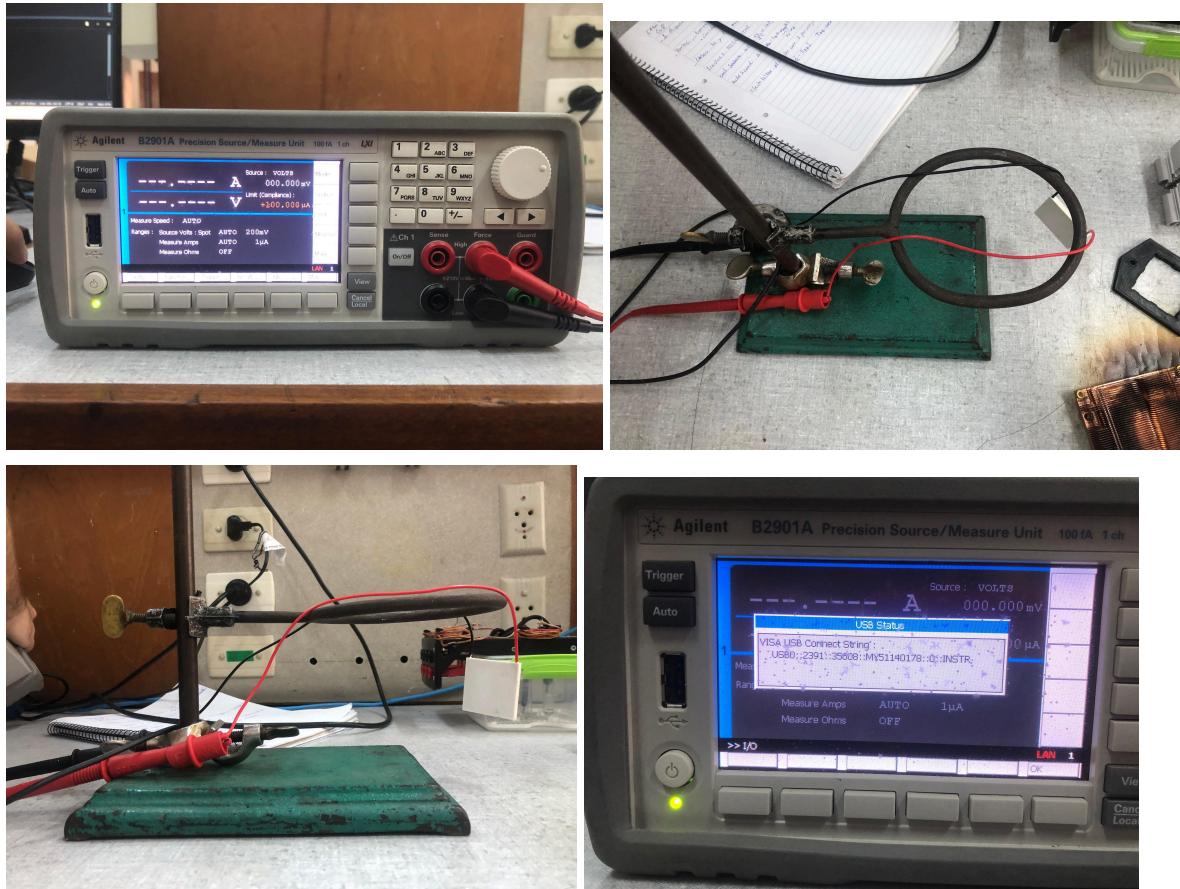
3 - Caracterización Ley de Fourier (K)

Por ahora solo tenemos la idea basada en la pregunta de la guia de referencia:
“¿Se le ocurre cómo determinar experimentalmente K y ambos Ci? ¿Puede estimar sus valores a partir de la geometría y los materiales utilizados?”

Basado en el poster:

Se mide el calor intercambiado entre la placa y una masa de agua destilada (esto despeja Q punto), para distintos valores de I. una vez que conocemos alpha y R, se puede hacer un ajuste para encontrar k (conductividad termica), despejando justamente de la ecuacion de Q punto.

IMÁGENES DE TODO:



1: Nuestras “fuentes” fueron presentaciones de profesores y alumnos de cuatrimestres pasados. Las escribimos a continuación:

INFORME 2007 (Patterson, G.- Sobral, M.):

<https://materias.df.uba.ar/lab04aa2014c1/files/2012/07/Efecto-Peltier.pdf>

INFORME 2022 (Bertero Di Tella - Quispe Rojas):

<https://es.scribd.com/document/571147686/Informe-de-laboratorio-4-Celda-peltier>

POSTER 2017 (Castro, J. - Manzotti, E.):

<https://materias.df.uba.ar/l4aa2017c2/files/2017/10/G2-Peltier.pdf>

PRESENTACIÓN (Prof. Fernando Stefani):

<https://materias.df.uba.ar/l4b2018c1/files/2018/03/Termoelectricidad.pdf>

Día	Nombre	Path	Descripción
27/01/2024	adq_osc_rlcserie.py	/drive/Labo 4/Clase 1 - 270125/Codigo	Código ejemplo de labo anterior sobre autom osci y gen en una variable

	AgilentB2901A.py	/drive/Labo 4/Clase 1 - 270125/Codigo	codigo de ejemplo de equipo que dio el profe
	medicion_agilentb2901a.py	/drive/Labo 4/Clase 1 - 270125/Codigo	codigo para medir en modo tension con el equipo
	medicion_agilentb2901a_curr alterna.py	/drive/Labo 4/Clase 1 - 270125/Codigo	codigo para medir en modo corriente alterna con el equipo
	ib_vs_ic-ejlinealincertezas.py	/drive/Labo 4/Clase 1 - 270125/Codigo	ejemplo de codigo con ajuste lineal, R2, y uso de incertezas incluso en un array.

2. Clase 2 - 30/01/2025

0 - Calibración de instrumentos

- Termocupla tipo K (del laboratorio)
- Celda Peltier TEC1-12706 (Tabla 1)
- Fuente/tester *Agilent B2901A*
- 2 Multímetro HP-34401A

Para calibrar la termocupla analizamos la respuesta de temperatura y el tiempo que tarda la celda en llegar a una temperatura estable (estacionario) por el efecto Peltier al introducir una corriente.

Se conectan dos terminales “de voltaje” de la termocupla a cada multímetro (conectados según la Figura 1).

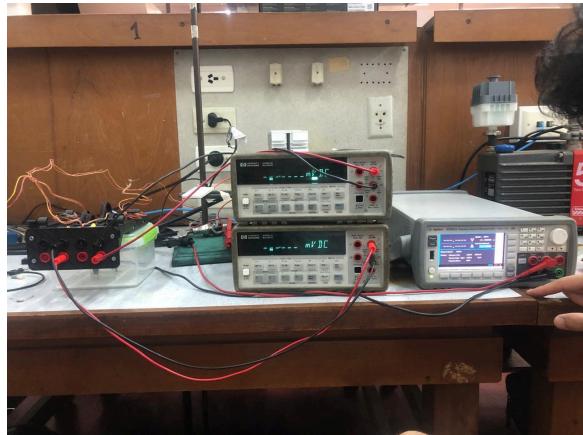


Figura 1:

Los multímetros miden la respuesta en tensión según la temperatura a la que se sometan los terminales “de contacto térmico”. Los valores de tensión se pueden convertir en valores de temperatura según la ecuación (1) del efecto Seebeck, siendo ΔV la tensión, ΔT la temperatura y α el coeficiente de Seebeck. La tabla del manual contiene las conversiones (Tabla 2). Las temperaturas que se obtienen con la termocupla son según un valor de referencia que se puede manipular introduciendo un líquido en el dispositivo (mide variaciones sobre esa temperatura).

$$\Delta V \simeq \alpha \Delta T \quad (1)$$

$^{\circ}\text{C}$	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	$^{\circ}\text{C}$
EMF in Millivolts — Reference Junctions 0 $^{\circ}\text{C}$												
0	0.000	0.039	0.079	0.119	0.158	0.198	0.238	0.277	0.317	0.357	0.397	0
10	0.397	0.437	0.477	0.517	0.557	0.597	0.637	0.677	0.718	0.758	0.798	10
20	0.798	0.838	0.879	0.919	0.960	1.000	1.041	1.081	1.122	1.163	1.203	20
30	1.203	1.244	1.285	1.326	1.366	1.407	1.448	1.489	1.530	1.571	1.612	30
40	1.612	1.653	1.694	1.735	1.776	1.817	1.858	1.899	1.941	1.982	2.023	40
50	2.023	2.064	2.106	2.147	2.188	2.230	2.271	2.312	2.354	2.395	2.436	50
60	2.436	2.478	2.519	2.561	2.602	2.644	2.685	2.727	2.768	2.810	2.851	60
70	2.851	2.893	2.934	2.976	3.017	3.059	3.100	3.142	3.184	3.225	3.267	70
80	3.267	3.308	3.350	3.391	3.433	3.474	3.516	3.557	3.599	3.640	3.682	80
90	3.682	3.723	3.765	3.806	3.848	3.889	3.931	3.972	4.013	4.055	4.096	90
100	4.096	4.138	4.179	4.220	4.262	4.303	4.344	4.385	4.427	4.468	4.509	100
110	4.509	4.550	4.591	4.633	4.674	4.715	4.756	4.797	4.838	4.879	4.920	110
120	4.920	4.961	5.002	5.043	5.084	5.124	5.165	5.206	5.247	5.288	5.328	120
130	5.328	5.369	5.410	5.450	5.481	5.532	5.572	5.613	5.653	5.694	5.735	130
140	5.735	5.775	5.815	5.856	5.896	5.937	5.977	6.017	6.058	6.098	6.138	140

Tabla 2: Tabla de conversión Voltaje (V)-Temperatura ($^{\circ}\text{C}$).

La temperatura de referencia es de $T_r = 4.0 \pm 0.1 \text{ } ^{\circ}\text{C}$, pusimos agua con hielo dentro de la termocupla de manera que podamos medir su temperatura y sea estable. La temperatura fue medida con un termómetro de mercurio (st-15).

Se ponen los terminales de contacto térmico de la termocupla en cada cara de la celda. Se mantiene en contacto con un difusor metálico una de sus caras. La celda

está conectada de manera que con una corriente positiva la cara que se calienta está en contacto con el difusor. La máxima corriente que se puede utilizar es 6.4 A (Tabla 2).

Usando la fuente Agilent se le da corriente a la celda. Seteando una corriente de $I = 0.6$ A medimos la evolución de la respuesta en voltaje (y por lo tanto de temperatura) en función del tiempo en ambas caras de la celda (Figura 2), con una frecuencia de muestreo de 0.2 Hz, durante 5 minutos.

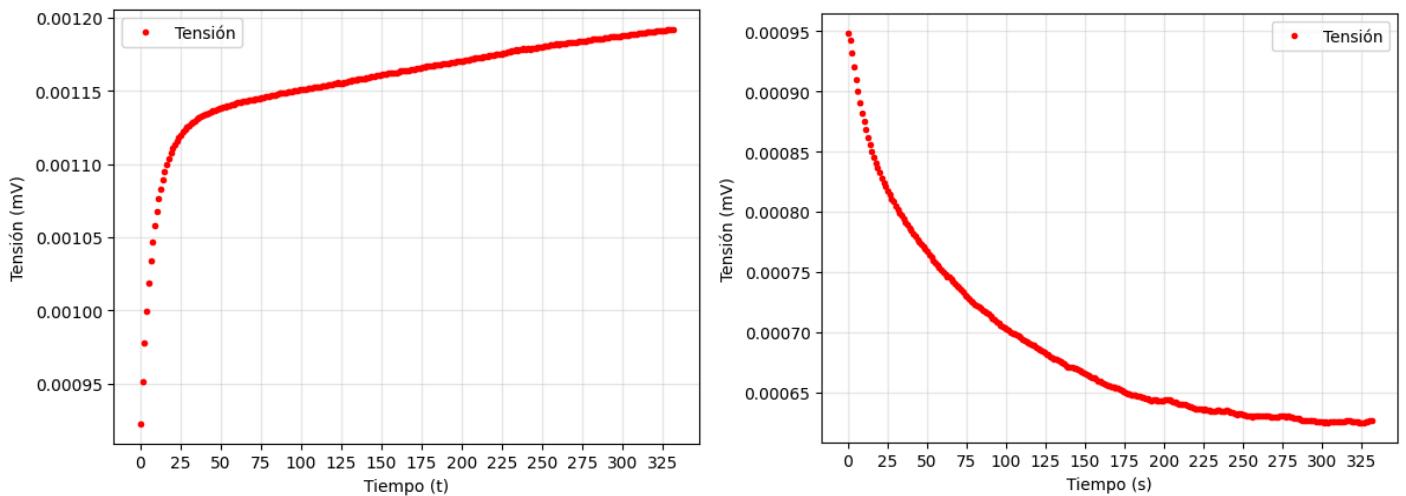


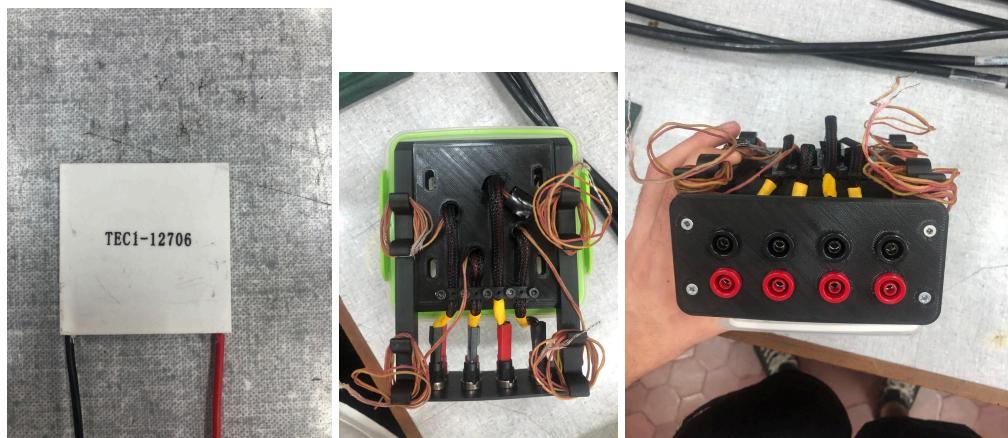
Figura 2: Gráfico de tensión en función del tiempo. A la izquierda los datos de la cara caliente y a la derecha los de la cara fría.

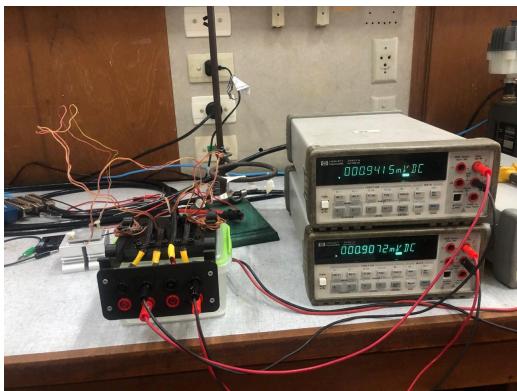
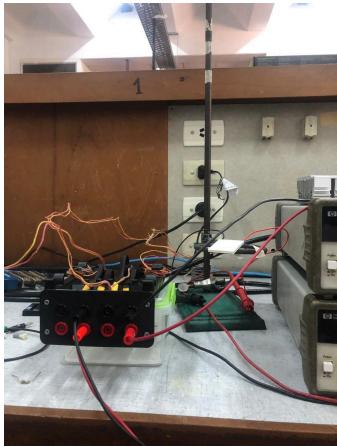
Consideramos que el tiempo de medición no es suficiente, las curvas no parecen mostrar una estabilidad. En la siguiente clase aumentaremos el tiempo de medición para poder analizar y aplicar mejor un criterio.

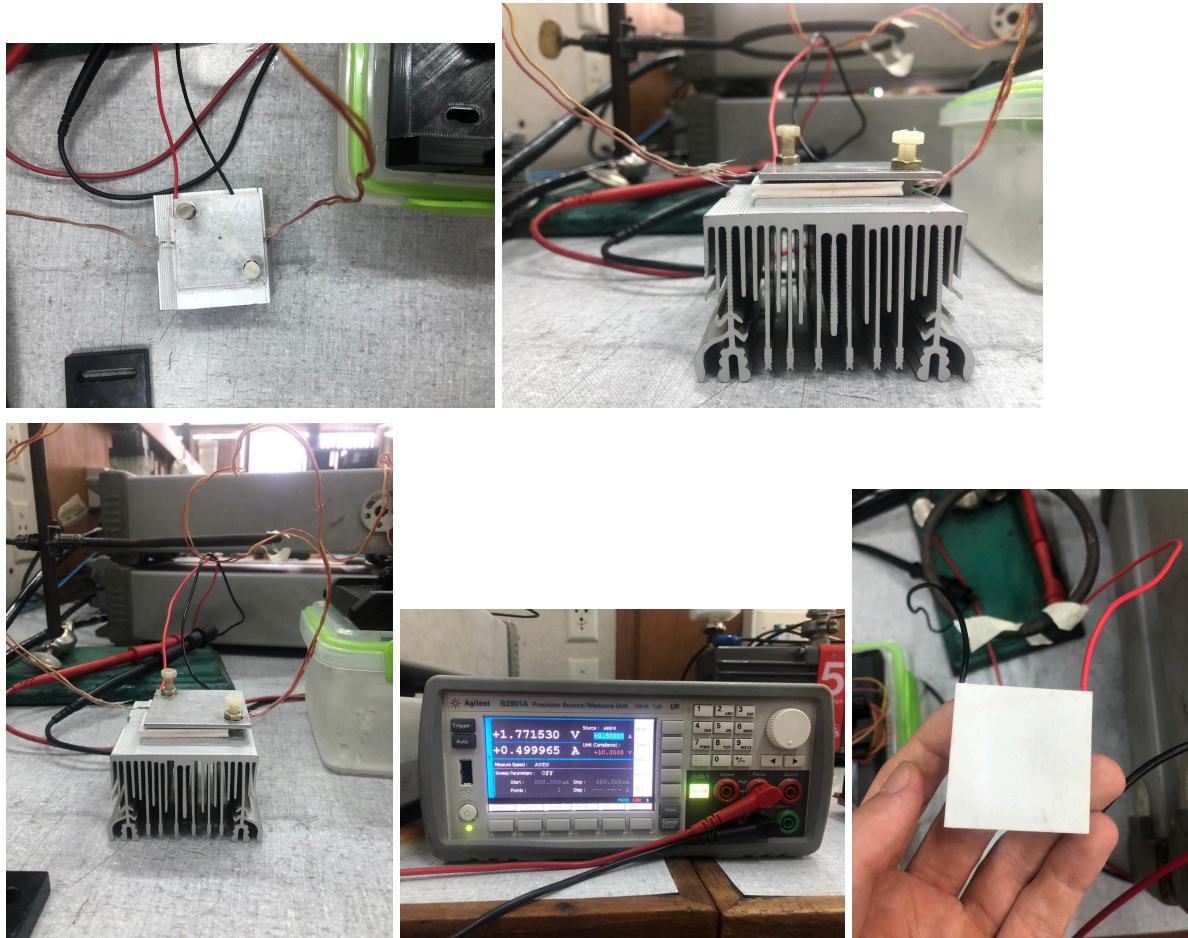
Hot Side Temperature (°C)	25°C	50°C
Q _{max} (Watts)	50	57
Delta T _{max} (°C)	66	75
I _{max} (Amps)	6.4	6.4
V _{max} (Volts)	14.4	16.4
Module Resistance (Ohms)	1.98	2.30

Tabla 1: características de la placa termoeléctrica (TEC 1-12706), El código 12706 representa los límites de trabajo de la placa)

IMAGENES:







3. Clase 3 - 03/02/2025

Plan de trabajo:

0 - Calibración

Los resultados de la calibración del estacionario no son convincentes, por lo que es necesario repetirla.

1 - Determinación R (Joule).

Hay que alimentar con corriente alterna (variaciones manuales con un código) de manera que, tomando un promedio de todo el ciclo de la potencia (ecuación 2), se anule el término de Peltier (las corrientes positivas se anulan con las negativas). Hay que esperar a que llegue al estacionario en cada medición. Siguiendo la ecuación de potencia, solo quedaría el término de Joule, ya que es cuadrático. Midiendo la potencia ($V \cdot I$) con valores de I , se puede obtener R .

$$\dot{W} = V \cdot I = I \cdot \alpha \cdot \Delta T + I^2 \cdot R. \quad (2)$$

Otra forma es hacer variaciones de corriente sin anular Peltier para hacer un fit cuadrático de la potencia y obtener alpha y R.

2 - Coeficiente de Seebeck (alpha)

Se ponen en las placas dos fuentes a distintas temperaturas, y se mide la caída de tensión en función de la diferencia de temperaturas. Se puede usar una resistencia que se caliente como fuente de calor. Solo con eso se puede usar la ecuación (1) para encontrar alpha.

3 - Coeficiente k

Para medir el coeficiente de conductividad k se puede usar el método de “paredes compuestas”. Poniendo la celda en contacto térmico (en serie) con una placa (de subíndice b) de igual sección y coeficiente k_b conocido, la transferencia de calor en la celda será igual al de la placa (ecuación 3), de manera que, midiendo las temperaturas en todas las caras, se puede despejar el coeficiente k.

$$k \frac{A}{L} \Delta T = k_b \frac{A}{L_b} \Delta T_b \quad (3)$$

El otro método es medir la transferencia de calor poniendo una de las caras en agua destilada para usar la ecuación de calor $Q = mc dT$. Usando esa transferencia y con alpha y R ya obtenidos, despejamos el k de la ecuación (4):

$$\dot{Q}_i = \pm I \alpha T_i - K (T_i - T_j) + \frac{I^2 R}{2} \quad (4)$$

4 - Eficiencia como máquina frigorífica:

Una vez obtenidos los valores de I vs ΔT , se puede medir la eficiencia como función de la corriente para distintos valores de ΔT , según se muestra en el paper de referencia (ecuación 5):

$$\eta_E = \frac{P_F}{P_E} = \frac{\alpha I T_F - \frac{I^2 R}{2} - \frac{\lambda A}{d} \Delta T}{\alpha I \Delta T + I^2 R} \quad (5)$$

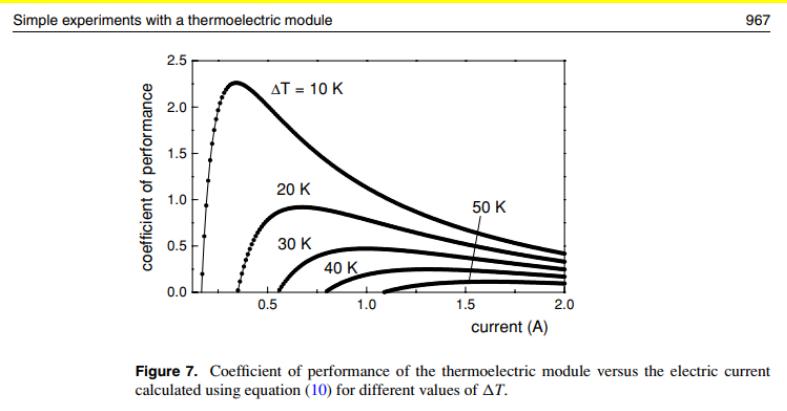


Fig (1): Gráfico de la eficiencia que se vé en el paper de referencia sección 3.5

<https://materias.df.uba.ar/lab04Ba2016c1/files/2016/03/termocuplas.pdf>

0 - Calibración.

Comenzamos con el calibrado. Volvemos a realizar el proceso para medir el tiempo que tarda la celda en mantener estable su temperatura (estacionario).

- Termocupla tipo K (del laboratorio)
- Celda Peltier TEC1-12706
- Fuente/tester Agilent B2901A
- 2 Multímetro HP-34401A

Introducimos la celda en un disipador de cobre (uno en cada cara), con los contactos térmicos de la termocupla entre cada cara y su tapa de cobre (procuramos que esté bien apretado para que se mida bien la temperatura, también le pusimos pasta térmica a ambos lados para una buena conducción). Usamos como referencia térmica de la termocupla agua con hielo a $T_r = 3.0 \pm 0.1^\circ\text{C}$.

Conectamos los dos terminales de la termocupla utilizados cada uno a un multímetro diferente para medir la tensión en cada cara. Con la fuente Agilent le entregamos corriente a la celda para generar el efecto Peltier. Realizamos la adquisición de datos: tensión de termocupla de la cara superior, tensión de termocupla de la cara inferior, corriente de la fuente y tensión de la fuente. Se alimentó a la celda con una corriente $I = 0.3 \text{ A}$.

Las mediciones se realizan cada 1 segundo y el tiempo total de medición se definirá observando la respuesta de la fuente Agilent (figura 2).

Figura 2: Gráfico de temperatura en las caras de la celda en función del tiempo. En rojo la tensión en la cara caliente y en azul la cara fría.

El criterio utilizado para verificar cuánto tiempo se tarda en llegar al estacionario consiste en que, considerando para las temperaturas de cada cara, la diferencia de temperatura entre dos puntos consecutivos de la curva se encuentre bajo el umbral de (VALOR DEL CRITERIO). Teniendo en cuenta que los valores de temperatura entre un punto y su consecutivo pueden fluctuar de manera indeseada, en vez de aplicar el criterio a cada par de puntos se hizo para un promedio de pares de puntos, separando en intervalos de tiempo de (SEGUNDOS DE CADA BLOQUE DE PROMEDIO). De esta manera, si se observa que a partir de un tiempo t_{est} al menos (CANTIDAD DE BLOQUES) puntos consecutivos (valores medios) se encuentran bajo el umbral, entonces se llegó al estacionario. Se observan los promedios con respecto del umbral en la figura 3:

Figura 3: Gráfico de promedios de la diferencia de temperatura entre dos puntos consecutivos para ambas caras de la celda.

1 - Caracterización de R

Usando el mismo montaje alimentamos a la celda con una corriente alterna de 0.3 A, Hz. Hay que considerar bien la frecuencia de la corriente alterna, ya que, con frecuencias relativamente altas, la fuente tiene problemas para generar los cambios de corriente. La temperatura de referencia es $T_r = 4.0 \pm ^\circ C$. Volvemos a medir tensión de termocupla de la cara superior, tensión de termocupla de la cara inferior, corriente de la fuente y tensión de la fuente (Figura 4).

Figura 4: Gráfico tensión y corriente de la fuente en función del tiempo.

Tomando el promedio temporal de la potencia entregada (ecuación 2), se obtendría una nueva expresión de la forma (ecuación 6):

$$\langle IV \rangle = \langle I^2 R \rangle \quad (6)$$

teniendo en cuenta que el promedio temporal del término de Peltier es 0. De esta relación se puede realizar un ajuste lineal para obtener el valor de R según los datos (figura 4).

Figura 4: Ajuste lineal de la potencia IV en función de I^2R .

4. Clase 4 - 06/02/2025