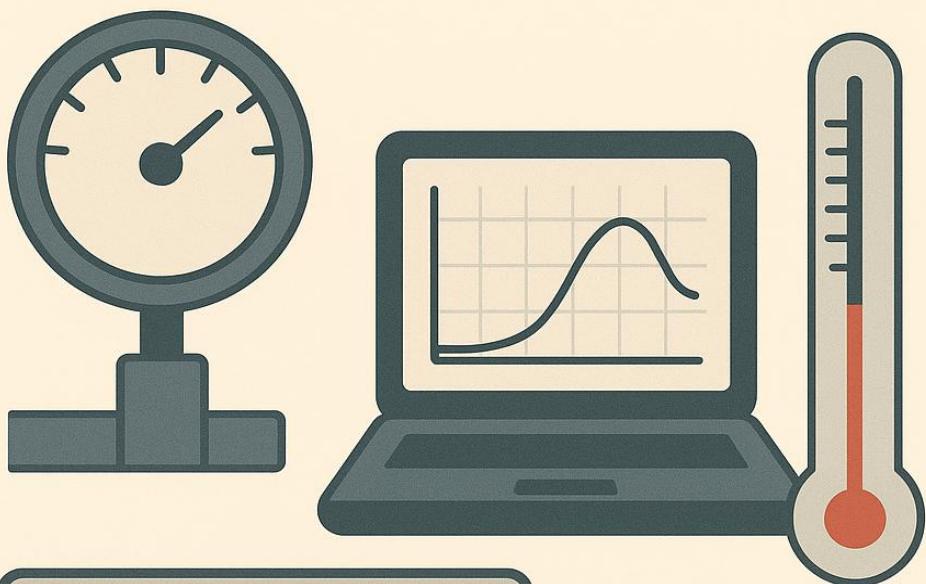




# TERMODINAMICA EXPERIMENTAL



UNIVERSIDAD DE PAMPLONA  
FACULTAD DE CIENCIAS BÁSICAS  
DEPARTAMENTO DE FÍSICA  
PAMPLONA, N.S COLOMBIA

Luis Alfonso Guerra Hernández  
[luisguerra@unipamplona.edu.co](mailto:luisguerra@unipamplona.edu.co)

	<b>Manual de Prácticas</b>	<b>Código</b>	FGA-73 v.00
		<b>Página</b>	<b>2 de 39</b>

## INDICE DE CONTENIDO

	Pág.
Introducción	
Normas de seguridad	
Práctica 1: <b>DILATACIÓN TÉRMICA</b>	4
Práctica 2: <b>CONDUCTIVIDAD TÉRMICA</b>	9
Práctica 3: <b>LEY DE BOYLE: PRESIÓN vs VOLÚMEN</b>	13
Práctica 4: <b>TRANSFERENCIA DE CALOR</b>	17
Práctica 5: <b>EQUIVALENTE ELÉCTRICO DEL CALOR</b>	20
Práctica 6: <b>CALOR vs TEMPERATURA</b>	26
Práctica 7: <b>PRESIÓN vs TEMPERATURA: CERO ABSOLUTO</b>	30
Práctica 8: <b>PRINCIPIO DE ARQUIMIDES</b>	36

## INTRODUCCIÓN

El Manual de Prácticas de Laboratorio de Termodinámica tiene como propósito integrar los conceptos fundamentales de la asignatura con experiencias experimentales guiadas, que permitan al estudiante observar, medir, modelar y validar fenómenos térmicos en condiciones controladas. A través de prácticas secuenciadas el estudiante desarrolla competencias para formular hipótesis, registrar datos con rigor metrológico, analizar resultados mediante herramientas gráficas y estadísticas, y comunicar hallazgos de manera clara y ética. Este manual articula cada práctica con objetivos explícitos, equipos y materiales, marcos teóricos, procedimientos, guías de análisis y cuestionarios de control para afianzar la comprensión de los conocimientos. En términos de alcance, el manual cubre diez prácticas, diseñadas para trabajar con instrumentación típica del laboratorio, tales como: sensores de temperatura y presión, generador de vapor, contenedores de distintos materiales, resistencias calefactoras, Software DataStudio, etc. La metodología de trabajo enfatiza la preparación previa de

	<b>Manual de Prácticas</b>	<b>Código</b> FGA-73 v.00
		<b>Página</b> 3 de 39

los conceptos teóricos y posiblemente la resolución de un cuestionario, el montaje seguro y verificado de equipos, la adquisición de datos con control de variables y el análisis posterior basado en modelos físicos.

Se espera que cada estudiante consolide una bitácora con tablas, gráficas y un informe que contenga resumen, introducción, metodología, resultados y discusión, Conclusiones y Bibliografía.

## NORMAS DE SEGURIDAD

- i. **Cumpla estrictamente todas las instrucciones del docente y no inicie ninguna actividad sin autorización.** La supervisión del profesor es indispensable para evitar accidentes por desconocimiento del procedimiento o de los riesgos asociados al experimento.
- ii. **Utilice en todo momento los elementos de protección personal.** Estos lo protegen frente a quemaduras, salpicaduras de agua caliente, descargas eléctricas accidentales y golpes.
- iii. **Respete las indicaciones de seguridad al manipular materiales calientes.** Evite quemaduras manteniendo distancia adecuada y utilizando tenazas o aislantes térmicos.
- iv. **No toque conexiones eléctricas, fuentes de alimentación o equipos energizados sin conocer el procedimiento.** Antes de instalar o modificar conexiones, asegúrese de que el equipo esté desconectado.
- v. **Manipule sensores, vidrio y contenedores con precaución, asegurando un montaje firme y estable en soportes o bases.** Verifique siempre que los equipos no puedan volcarse o deslizarse accidentalmente.
- vi. **Evite que las superficies de trabajo se mojen o tengan cables sueltos.** En caso de derrames de fluidos, informe al docente y limpie inmediatamente con las medidas adecuadas.
- vii. **Prohibése correr, jugar o hacer bromas dentro del laboratorio.** El comportamiento inadecuado genera riesgos mecánicos, eléctricos y térmicos.
- viii. **No consuma alimentos ni bebidas dentro del laboratorio.** Evita contaminación y accidentes relacionados con sustancias peligrosas o equipos calientes.
- ix. **Informe inmediatamente al docente sobre cualquier accidente, daño en el equipo o comportamiento inseguro.**

**PRACTICAS:** Aquí se relacionan cada una de las prácticas a desarrollar durante el semestre siguiendo los lineamientos descritos a continuación

## PRÁCTICA N°1 DILATACIÓN TÉRMICA



## 1. Objetivos

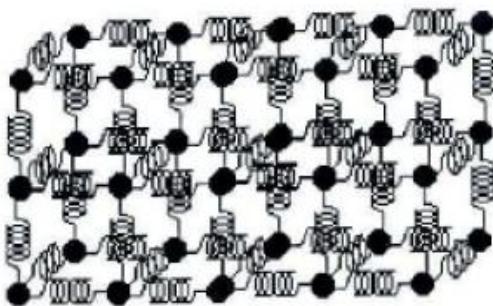
- ✓ Observar experimentalmente el cambio en las dimensiones métricas de un cuerpo producidas por la variación en la temperatura.
- ✓ Determinar experimentalmente el coeficiente de dilatación lineal de diferentes materiales metálicos.
- ✓ Observar la dependencia de la resistencia eléctrica de un material con la temperatura

## 2. Equipos y materiales

Equipo requerido	Cantidad	Observaciones
Generador de vapor modelo TD-8556A	1	
Aparato de expansión térmica. Modelo TD-8578	1	
Manguera plástica	1	
Milímetro	1	
Barras metálicas huecas	3	
Cinta	1	

## 3. Marco Teórico

Es conocido que para la mayoría de las sustancias conforme aumenta su temperatura aumenta su volumen. La mayoría de los sólidos se expanden cuando se aumenta la temperatura y se contraen cuando esta disminuye (El agua, galio, bismuto, ácido acético, antimonio y el silicio, son de las pocas sustancias que al congelarse aumentan de volumen. Explique porque en los polos solamente se congela la superficie del mar). Cuando los átomos se ordenan formando un cristal se colocan en la posición de mínima energía. Esto significa que los átomos se encuentran en un mínimo de potencial creado por el resto de los átomos que constituyen el cristal. Sabemos que cuando un sistema se desplaza de su posición de equilibrio se genera un movimiento que puede aproximarse al de un oscilador lineal, por esto se ha creado un modelo clásico de los sólidos que supone los átomos conectados entre sí mediante una especie de resortes (los cuales representarían la energía potencial elástica que los une). Este sistema de osciladores acoplados posee modos normales de vibración colectivos denominados fonones, por lo cual se puede producir la propagación de ondas tanto acústicas como ópticas con frecuencias características en el infrarrojo.



**Figura 1.** Modelo clásico de un cristal donde las interacciones se representan por resortes.

La presión es una medida del grado de compresión de sus átomos y la temperatura una medida de la energía cinética interna del conjunto de los mismos. Desde el punto de vista molecular la expansión térmica se refleja por un incremento en el promedio de



la distancia entre las moléculas. Por ejemplo, a temperaturas ordinarias las moléculas vibran en torno de sus posiciones de equilibrio con una amplitud de aproximadamente  $10^{-11}$  m y a una frecuencia cercana a  $10^{13}$  Hz. La separación promedio entre las moléculas es aproximadamente de  $10^{-10}$  m. A medida que la temperatura aumenta, la molécula vibra con amplitudes más grandes y se incrementa la separación promedio entre ellas, en consecuencia, el sólido se expande. Macroscópicamente, la longitud que se expande o se contrae el material se puede calcular por:

$$\Delta L = \alpha L_o (\Delta T), \quad (1)$$

también:

$$L_f - L_o = \alpha L_o (T_f - T_o), \quad (2)$$

donde:

$\Delta L$ : cambio en la longitud del material,

$\Delta T$ : cambio de temperatura a la que se sometió el material,

$\alpha$ : coeficiente de dilatación lineal del material,

$L_o$ : es la longitud inicial del material.

**Coeficiente de dilatación lineal:** Se denomina coeficiente de dilatación al cociente que mide el cambio relativo de longitud, área o volumen, que se produce cuando un cuerpo sólido o un fluido dentro de un recipiente experimentan un cambio de temperatura que produce una dilatación térmica. De forma general, durante una transferencia de calor la energía que está almacenada en los enlaces intermoleculares cambia. Cuando la energía almacenada aumenta, también lo hace la longitud de estos enlaces. Así, los sólidos normalmente se expanden al calentarse y se contraen al enfriarse; este comportamiento de respuesta ante la temperatura se expresa mediante el coeficiente de dilatación térmica (unidades:  $^{\circ}\text{C}^{-1}$ ). El coeficiente se define por:

$$\alpha_L = \frac{1}{L_o} \frac{\Delta L}{\Delta T} \quad (3)$$

dónde:

$\Delta L$  es el cambio en la longitud del material.

$\Delta T$  es el cambio de temperatura a la que se sometió el material.

$L_o$  la longitud del material.

**Tabla 1.** Coeficiente de dilatación lineal para diferentes materiales

<b>Concreto</b>	$0.7 - 1.2 \times 10^{-5}$	<b>Aluminio</b>	$2.4 \times 10^{-5}$
<b>Plata</b>	$2.0 \times 10^{-5}$	<b>Latón</b>	$1.8 \times 10^{-5}$
<b>Oro</b>	$1.5 \times 10^{-5}$	<b>Cobre</b>	$1.7 \times 10^{-5}$
<b>Invar</b>	$0.04 \times 10^{-5}$	<b>Vidrio</b>	$0.4 - 0.9 \times 10^{-5}$
<b>Plomo</b>	$3.0 \times 10^{-5}$	<b>Hierro</b>	$1.2 \times 10^{-5}$



Zinc	$2.6 \times 10^{-5}$	Cuarzo	$0.04 \times 10^{-5}$	
Hielo	$5.1 \times 10^{-5}$	Acero	$1.2 \times 10^{-5}$	

#### 4. Cuestionario

Este cuestionario debe desarrollarse antes de la realización de la práctica y debe entregarse y/o socializarse antes de la realización de la práctica, según las indicaciones del docente.

- Investigue los tipos de dilatación en sólidos. Y encuentre la relación entre el coeficiente de dilatación térmica lineal y el volumétrico.
- Además, investigue sobre materiales isotrópicos.

#### 5. Esquema y montaje de la práctica

Para la práctica trabajaremos con los materiales presentados a continuación realizando el siguiente montaje.

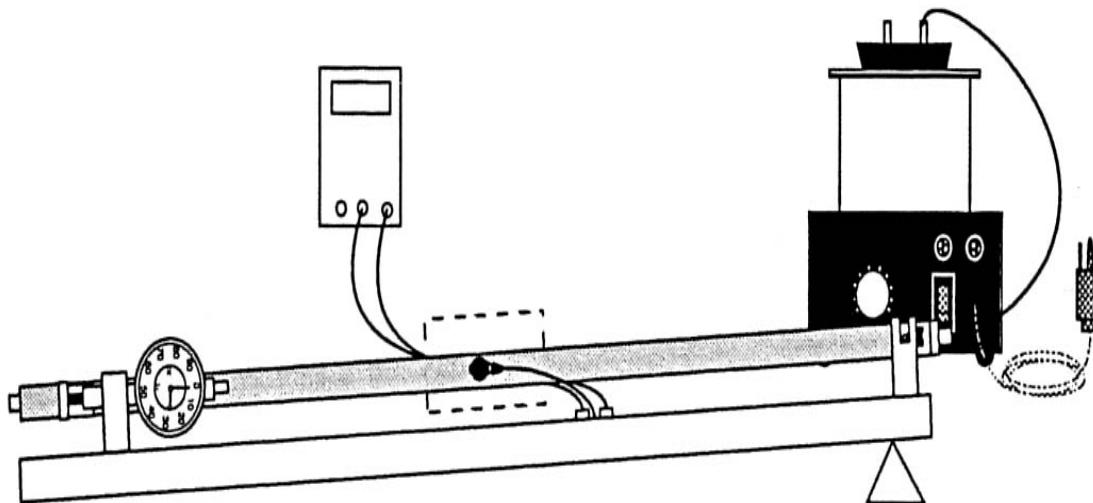


Figura 2. Esquema del experimento

Tabla 2. Relación temperatura vs resistencia

R ( $\Omega$ )	T( $^{\circ}\text{C}$ )	R ( $\Omega$ )	T( $^{\circ}\text{C}$ )	R ( $\Omega$ )	T( $^{\circ}\text{C}$ )	R ( $\Omega$ )	T( $^{\circ}\text{C}$ )
5,569.3	100	12,479	76	30,976	52	87,022	28
5,794.3	99	12,932	75	32,253	51	91,126	27
5,936.1	98	13,405	74	33,591	50	95,447	26
6,129.8	97	13,897	73	34,991	49	100,000	25
6,330.8	96	14,410	72	36,458	48	104,800	24
6,539.4	95	14,945	71	37,995	47	109,850	23
6,755.9	94	15,502	70	39,605	46	115,190	22
6,980.6	93	16,083	69	41,292	45	120,810	21



## Manual de Prácticas

Código

FGA-73 v.00

Página

7 de 39

7,214.0	92	16,689	68	40,062	44	126,740	20	
7,456.2	91	17,321	67	44,917	43	133,000	19	
7,707.7	90	17,980	66	46,863	42	139,610	18	
7,969.1	89	18,668	65	48,905	41	146,580	17	
8,240.6	88	19,386	64	51,048	40	153,950	16	
8,522.7	87	20,136	63	53,297	39	161,730	15	
8,816.0	86	20,919	62	55,658	38	169,950	14	
9,120.8	85	21,736	61	58,138	37	178,650	13	
9,437.7	84	22,590	60	60,743	36	187,840	12	
9,767.2	83	23,483	59	63,480	35	197,560	11	
10,110	82	24,415	58	66,356	34	207,850	10	
10,467	81	25,390	57	69,380	33	218,730	9	
10,837	80	26,409	56	72,560	32	230,260	8	
11,223	79	27,475	55	75,903	31	242,460	7	
11,625	78	28,590	54	79,422	30	255,380	6	
12,043	77	29,756	53	83,124	29	269,080	5	

## 6. Procedimiento

Toma de datos:

- 1) Realice el montaje de la Figura 2.
- 2) Llene el tanque del generador de vapor, y enciéndalo a una amplitud de 7.
- 3) Con cinta tape uno de los orificios del GENERADOR DE VAPOR.
- 4) A medida que el vapor pasa a través de la barra produce cambios en la temperatura y la resistencia eléctrica, con ayuda del milímetro y la tabla 2 (relación T vs R) tome las diferentes temperaturas y resistencias de la barra, y regístrelas.
- 5) Registre en la tabla el cambio en la longitud de la barra metálica.
- 6) Registre el cambio de temperatura al que se sometió la barra.
- 7) Realice el procedimiento anterior para las demás barras metálicas.
- 8) Complete la tabla.

## 7. Análisis de Datos

Para cada una de las barras:

1. Grafique resistencia vs temperatura. De la gráfica que concluye.
2. Grafique T vs L. De la gráfica que concluye.
3. De la gráfica anterior: calcule el valor del coeficiente de dilatación lineal utilizando regresión lineal, regístrelo en la tabla.



4. Compare el coeficiente de dilatación obtenido con los otros valores experimentales, referidos en la tabla 1.

5. Calcule el porcentaje de error entre los dos valores del coeficiente de dilatación

**8. Preguntas de Control**

- ¿A qué se atribuye el error encontrado entre el valor del coeficiente de dilatación obtenido en este laboratorio en relación al registrado en otros laboratorios?
- ¿Qué diferencia existe entre los coeficientes de las diferentes barras? Explique por qué.
- ¿Cuál de las diferentes barras proporciona mayor precisión al calcular el coeficiente? ¿Esto qué significa?
- ¿Qué puede concluir acerca de la variación de la resistencia de cada una de las barras, ¿Por qué varía al aumentar la temperatura del material?

**9. Conclusiones y observaciones**

Las conclusiones se deben formular de los resultados obtenidos en la práctica

**Bibliografía**

Puede consultar el tema en la siguiente bibliografía:

- 1) WILSON, Jerry D. Física con aplicaciones, segunda Edición. Editorial McGraw-Hill, 1991.
- 2) • SERWAY, Raymond A. Física, Cuarta Edición. Editorial McGraw-Hill, 1996



## PRÁCTICA 2: CONDUCTIVIDAD TÉRMICA

### 1. Objetivos

- ✓ Comprender el proceso de transferencia de calor.
- ✓ Observar que la conductividad térmica varía en los diferentes materiales.
- ✓ Calcular la conductividad térmica de varios materiales

### 2. Equipos y materiales

Equipo requerido	Cantidad	Observaciones
Generador de vapor	1	
Cámara de vapor y base	1	
Piezas planas de diversos materiales	5	
Vasos	1	
Cronómetro	1	
Báscula	1	
Manguera	1	

### 3. Marco Teórico

La conductividad térmica es una propiedad física de los materiales que mide la capacidad de conducción de calor. En otras palabras, la conductividad térmica es también la capacidad de una sustancia de transferir el movimiento cinético de sus moléculas a sus propias moléculas adyacentes o a otras substancias con las que está en contacto. La propiedad inversa de la conductividad térmica es la resistividad térmica, que es la capacidad de los materiales para oponerse al paso del calor. Cuando se calienta la materia, la energía cinética promedio de sus moléculas aumenta, incrementándose su movimiento. La conducción de calor a nivel molecular se debe a la interacción entre las moléculas que intercambian energía cinética sin producir movimientos globales de materia (procesos difusivos). El calor es la energía que se transfiere de una región a otra debido a una diferencia de temperaturas. Esta transferencia puede realizarse de tres modos distintos: conducción, convección y radiación, cada uno con características y leyes propias. La conducción de calor requiere que haya un medio (a diferencia de la radiación que se propaga en el vacío), pero que no haya transferencia de materia (a diferencia de la convección). La ley fundamental de la conducción de calor fue formulada por Fourier en 1882: el calor **dQ** transmitido a través de una placa con espesor **dx** y área **A**, que separa a dos medios con una diferencia de temperatura **dT**, durante un intervalo de tiempo **dt**, viene dado por:

$$\frac{1}{A} \frac{dQ}{dt} = -K \frac{dT}{dx}$$

Según esta ecuación, el flujo de calor (calor transferido por unidad de área y tiempo) es proporcional al gradiente de temperatura. La constante de proporcionalidad **K** es la conductividad térmica, es un parámetro característico del material cuyas unidades serían en el sistema MKS **W/(mK)**. El signo negativo en la ecuación se toma para que **dQ** tenga signo opuesto al incremento de **T** (ya que el calor fluye en sentido de las temperaturas decrecientes). La ecuación anterior ha de ser integrada en **x** para dar el



calor conducido a través de un espesor  $\Delta x$ . En el caso sencillo de una placa de área constante, se obtiene que

$$\frac{dQ}{dt} = -KA \frac{dT}{dx}$$

Por otra parte, el calor transmitido por unidad de tiempo,  $dQ/dt$ , está relacionado con la masa fundida y el calor latente de fusión,  $I_f$  (80 cal/g para el hielo)

$$\frac{dQ}{dt} = I_f \frac{dm}{dt}$$

Por tanto, sustituyendo y despejando  $K$ , que será siempre positivo,

$$K = \frac{dm}{dt} \frac{I_f}{A} \frac{\Delta x}{\Delta T}$$

Tabla de constantes de Conductividad Térmica

Material	Conductividad Térmica (W/m°K)
Acero	47-58
Aqua	0,58
Cobre	372,1-385,2
Alcohol	0,16
Mercurio	83,7
Aluminio	209,3
Plomo	35,0
Oro	308,2
Parafina	0,21
Plata	406,1-418,7

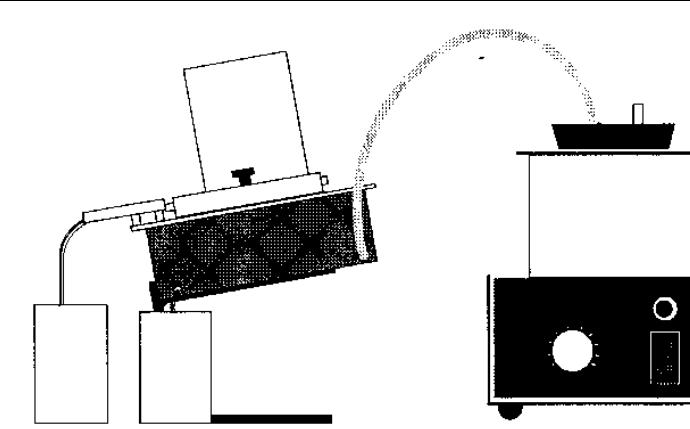
#### 4. Cuestionario

Este cuestionario debe desarrollarse antes de la realización de la práctica y debe entregarse y/o socializarse Antes de la realización de la práctica, según las indicaciones del docente.

- Defina el concepto de calor.
- ¿Cómo es el calor específico del agua en comparación con el calor específico de otras sustancias comunes?

#### 5. Procedimiento

- Ponga el envase con hielo bajo agua del grifo para soltarlo del molde. NOTA: No forcé el hielo para sacarlo del molde.
- Mida y registre  $\Delta x$  y  $A$ , que corresponde al espesor de uno de los materiales de muestra y al área.
- Ubique el material de prueba sobre la cámara. Ver figura.

**Figura 1:** Montaje Experimental

- Mida el diámetro del bloque de hielo. Registre este valor como  $d_1$ . Ubique el hielo en la parte superior de la muestra, apoyando la parte más plana y observando que el contacto térmico sea correcto.
- Mantenga el hielo por varios minutos hasta que comience la fusión y tenga total contacto con la muestra. (No comience tomando datos antes que el hielo comience a derretirse, porque puede haber temperaturas más bajas que 0°C).
- En un vaso, recoja el agua producida por el deshielo durante 10 minutos y mida la masa del agua retenida  $m_1$  bajo condiciones ambientales.
- Conecte la fuente de vapor y hágalo funcionar hasta que comience a salir vapor por el desagüe del foco caliente.
- Una vez alcanzado el estado estacionario vacíe el vaso y mida la masa  $m$  inicial y el diámetro  $d_1$  hielo y el tiempo durante el cual va a recoger agua en esta nueva condición, cada 2 minutos tome la masa del agua en el vaso durante 10 minutos. Una vez terminada la experiencia mida la masa de agua fundida,  $m$  final, así como nuevamente el diámetro del bloque de hielo  $d_2$ . Anote los resultados en una tabla.

**Repita el procedimiento para cada placa.**

Tome los datos y llene las tablas

Material	Espesor ( $\Delta x$ )	Diámetro 1	Diámetro 2	Masa inicial	Masa final
Sin vapor					
Vidrio					
Madera					

Tiempo total: \_\_\_\_\_ Área de placas: \_\_\_\_\_  $\Delta T$ : \_\_\_\_\_

Vidrio	2 min	4 min	6 min	8 min	10 min
Masa					
Madera	2 min	4 min	6 min	8 min	10 min
	2 min	4 min	6 min	8 min	10 min



## Manual de Prácticas

Código

FGA-73 v.00

Página

12 de 39

--	--	--	--	--	--

	2 min	4 min	6 min	8 min	10 min

	2 min	4 min	6 min	8 min	10 min

1. Grafique la masa fundida en función del tiempo para cada placa, diga tipo relación existe.
2. Calcule la conductividad térmica de cada material.

Material	Conductividad térmica <i>K</i>
Vidrio	
Madera	
Acrílico	
Otro	

### 6. Preguntas de Control

- ¿Cuál material es el mejor conductor y cuál es el menos conductor?
- Para los materiales utilizados se podría dar transferencia de calor por convección o radiación, justifique.
- Qué tipo de transferencia de calor se da entre sólido-sólido, líquidos-gases, sólido-gases, y sólido-líquido

### 7. Conclusiones y Observaciones

Las conclusiones se deben formular de los resultados obtenidos en la práctica.

### 8. Bibliografías

Puede consultar el tema en la siguiente bibliografía:

- P.A. Tipler: “**Física para la Ciencia y la Tecnología**”. 5<sup>a</sup> Edición. Vol. 1, Ed. Reverté.
- F.W. Sears, M.W. Zemansky, H.D. Young y R.A. Freedman: “**Física Universitaria**”, 12<sup>a</sup> Edición. Vol.1, Addison-Wesley-Longman/Pearson Education.
- Serway R (1997). **Física**, Vol. I 4<sup>a</sup> Edición. Editorial McGraw Hill Interamericana: México.
- Resnick, R. Halliday, D y Krane K. (2000). **Física** Vol. I, 4<sup>a</sup> Edición. Compañía Editorial continental. S.A: México.



## PRÁCTICA 3: LEY DE BOYLE: PRESIÓN vs VOLUMEN

### 1. Objetivos

- ✓ Determinar la relación entre presión y el volumen de un gas confinado.
- ✓ comprobar experimentalmente la ley de Boyle.
- ✓ Aplicar los conceptos de confinamiento a la presión de un gas.

### 2. Equipos y materiales

Tema	DataStudio	ScienceWorkshop (Mac)	ScienceWorkshop (Win)
Gases	P18 Boyle's Law.DS	P37 Boyle's Law	P37_BOYL.SWS

Equipo necesario	Cantidad	Otros	Cantidad
Sensor de presión (CI-6532)	1	Glicerina	1 mL
Conector de ajuste rápido (con Sensor)	1		
Jeringuilla (con sensor)	1		
Tubos (con sensor)	1		

### 3. Marco Teórico

**LEY DE BOYLE:** Para describir el comportamiento de un gas necesitamos cuatro cantidades medibles; la presión, el volumen, el número de moléculas o su equivalente en moles y la temperatura. Juntas esas cantidades determinan el estado de una muestra de gas. Roberto Boyle (1627-1691) estudió los cambios en el volumen de un gas, así como la presión variaba. Realizando el experimento bajo condiciones controladas, él mantuvo la masa y la temperatura del gas constantes. Luego bajo tales circunstancias la relación entre la Presión P y el volumen V, conocida como la Ley de Boyle se expresó de la siguiente manera:

$$PV = nRT \quad (\text{T y masa constantes})$$

Con  $R = 0.082(\text{lt}\cdot\text{atm}/\text{Kmol})$   
 $= 8.32 \text{ Joules}/(\text{mol } \text{K})$

$$V \propto \frac{1}{P} \quad (\text{n, T constantes})$$

Es decir, la presión de un número constante de moléculas dada de un gas ideal es inversamente proporcional al volumen si la temperatura permanece constante.

**LEY DE CHARLES:** Cuando la presión del gas se mantiene constante, su volumen es directamente proporcional a su temperatura"

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$$



**LEY DE GAY-LUSSAC:** Cuando el gas se mantiene en un recipiente a volumen constante, la presión experimentada es directamente proporcional a su temperatura

$$\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2}$$

### CARACTERÍSTICAS DE UN GAS IDEAL:

Se considera que un gas ideal presenta las siguientes características:

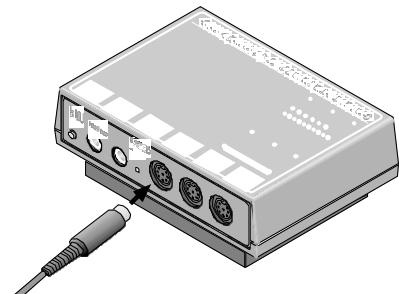
- El número de moléculas es despreciable comparado con el volumen total de un gas.
- No hay fuerza de atracción entre las moléculas.
- Las colisiones son perfectamente elásticas.  
Evitando las temperaturas extremadamente bajas y las presiones muy elevadas, podemos considerar que los gases reales se comportan como gases ideales.

#### 4. Procedimiento

Utilice el Sensor de presión para medir el cambio de la presión del aire contenido en una jeringuilla a medida que cambia el volumen de aire en su interior. Utilice el DataStudio o el ScienceWorkshop para registrar y analizar los datos. Determine la relación entre la presión y el volumen para el aire contenido en la jeringuilla.

### PARTE I: CONFIGURACIÓN DEL ORDENADOR

1. Conecte el interfaz de ScienceWorkshop al ordenador, encienda el interfaz y el ordenador.
2. Conecte la clavija DIN del Sensor de presión en el Canal analógico A del interfaz.
3. Abra el archivo titulado:



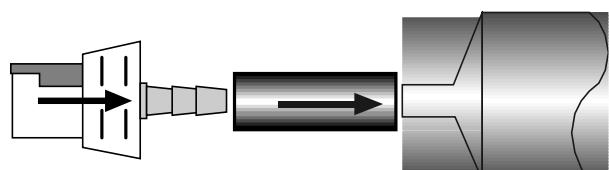
DataStudio	ScienceWorkshop (Mac)	ScienceWorkshop (Win)
<b>P18 Boyle's Law.DS</b>	P37 Boyle's Law	P37_BOYL.SWS

4. El archivo DataStudio contiene el Workbook. Lea las instrucciones en el Workbook.
5. El archivo ScienceWorkshop contiene información numérica de la presión, una gráfica de volumen e inversa del volumen frente a presión y una tabla de presión, volumen e inversa del volumen
6. La recogida de datos está fijada en una medida por segundo. Utilice el teclado para introducir el valor, en milímetros, del volumen de aire contenido en la jeringuilla.

### PARTE II: CALIBRADO DEL SENSOR Y MONTAJE DEL EQUIPO

No se necesita calibrar el sensor de presión.

1. Vierta una gota de glicerina en el extremo alargado del conector. Introduzca el extremo del Sensor en uno de los extremos de un tubo de





- unos 2,5 cm que viene con el Sensor de presión.
2. Vierta una gota de glicerina en la boca de la jeringuilla. Introduzca este extremo en el otro lado del tubo.
  3. Introduzca el otro extremo del conector en la conexión del Sensor de presión. Presione y aplique un movimiento giratorio hasta que suene un "click" (1/8 de vuelta).
  4. Observe si la jeringuilla y el Sensor están bien conectados ajustando la presión entre 20 mL y 10 mL. Debería ser más difícil empujar el pistón a medida que el volumen disminuye.
  5. Ajuste el volumen de aire en la jeringuilla a 20 mL.  
(Nota: Para fijar la posición inicial del pistón, desconecte el conector del Sensor, mueva el pistón a la primera posición (20 mL) y vuelva a conectar el conector al Sensor).  
En el DataStudio, la tabla muestra valores de volumen en la jeringuilla (por ejemplo: 20, 18, 16, etc).

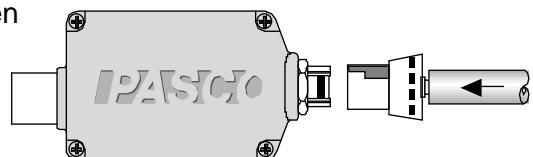
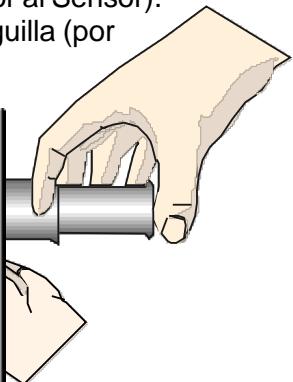


Table 1	
• Pressure , ChA No Data	▲ Syringe Volume Default Data
Pressure (kPa)	(mL)
	20.000
	18.000
	16.000
	14.000
	12.000
	10.000
	8.000



6. Cuando todo esté listo, comience la recogida de datos (Sugerencia: En el DataStudio, haga clic en 'Start').
7. En el DataStudio, el botón 'Start' cambiará a 'Keep' ( ) y la tabla mostrará el valor de la presión junto al primer volumen.

Table 1	
• Pressure , ChA Run #1	★ Syringe Volume Run #1
Pressure (kPa)	(mL)
101.566	20.000

Table 1	
• Pressure , ChA Run #1	★ Syringe Volume Run #1
Pressure (kPa)	(mL)
101.566	20.000
114.750	18.000



- 8.** Haga clic en 'Keep' para registrar la presión.
- 9.** La tabla mostrará el siguiente volumen (18 mL).
- 10.** Mueva el pistón hasta la marca de 18 mL y haga clic en 'Keep' para registrar el valor de la presión.
- 11.** Continúe moviendo el pistón hasta cada una de las marcas y a continuación haga clic en 'Keep' para registrar la presión correspondiente.
- 12.** Después de registrar el valor de la presión del último volumen, haga clic en 'Stop' () para parar la recogida de datos.
- 13.** Si tiene tiempo, repita el procedimiento.

### **5. Preguntas de Control**

- 1.** Observando los datos, ¿La presión y el volumen son directa o inversamente proporcionales? ¿Confirma esto la Ley de Boyle?
- 2.** ¿Qué ocurrió con la presión en el interior de la jeringuilla cuando el volumen cambió de 20 mL a 10 mL?
- 3.** ¿Cuáles son las posibles fuentes de error o limitaciones en esta experiencia? En cada una de ellas, intente determinar qué efecto tendrían en los resultados experimentales.

### **6. Conclusiones y observaciones**

Las conclusiones se deben formular de los resultados obtenidos en la práctica.

### **7. Bibliografía**

Puede consultar el tema en la siguiente bibliografía:

- P.A. Tipler: "**Física para la Ciencia y la Tecnología**". 5<sup>a</sup> Edición. Vol. 1, Ed. Reverté.
- F.W. Sears, M.W. Zemansky, H.D. Young y R.A. Freedman: "**Física Universitaria**", 12<sup>a</sup> Edición. Vol.1, Addison-Wesley-Longman/Pearson Education.
- Serway R (1997). **Física**, Vol. I 4<sup>a</sup> Edición. Editorial McGraw Hill Interamericana: México.
- Resnick, R. Halliday, D y Krane K. (2000). **Física** Vol. I, 4<sup>a</sup> Edición. Compañía Editorial continental. S.A: México.



## PRÁCTICA 4 TRANSFERENCIA DE CALOR

### 1. Objetivos

- ✓ Comparar la velocidad de enfriamiento de dos botes de aluminio con diferente superficie.
- ✓ Medir y registrar la variación de temperatura en función del tiempo durante el enfriamiento.
- ✓ Identificar los mecanismos de transferencia de calor presentes en el experimento.

### 2. Equipos y materiales

Equipo necesario	Cantidad	Equipo necesario	Cantidad
Sensor de temperatura (Cl-6505A)	2	Plantillas aislantes	2
Bote de aluminio, negro (TD-8570A)	1	Tenazas (para manipular los botes con agua caliente)	1
Bote de aluminio, sin pintar (TD-8570A)	1	Ropa protectora	
Ventilador	1	<b>Consumibles</b>	<b>Cantidad</b>
Lámpara de calor	1	Agua caliente (90°C)	800 mL

### 3. Marco Teórico

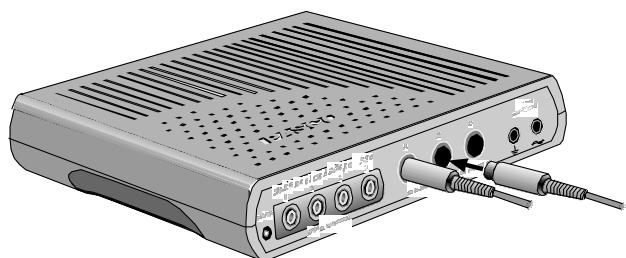
El calor es energía en tránsito. La transferencia de calor tiene lugar cuando dos objetos se encuentran a diferentes temperaturas. El calor se transfiere de tres maneras: **conducción**, **convección** y **radiación**. Cuando un bote de aluminio lleno de agua caliente está en una habitación, el agua pierde calor por conducción a través de las paredes de aluminio (por contacto directo con moléculas más frías), por convección a medida que las moléculas de aire chocan con el aluminio y por radiación a medida que la superficie metálica del bote emite ondas electromagnéticas.

### 4. Procedimiento

En esta experiencia, llene dos botes de aluminio con agua caliente, un bote sin pintar y el otro pintado en negro. Utilice los sensores de temperatura para medir la temperatura del agua de cada uno de los botes a medida que se enfria. Utilice *DataStudio* o *ScienceWorkshop* para registrar y mostrar los datos de la temperatura de cada bote. Examine la gráfica de temperatura frente a tiempo para determinar cuál de los dos botes transfiere calor más rápidamente.

### PARTE I: CONFIGURACIÓN DEL ORDENADOR

5. Conecte el interfaz al ordenador, encienda el interfaz y el ordenador.
6. Conecte un sensor de temperatura al Canal analógico A. Conecte el segundo sensor de temperatura al Canal analógico B del interfaz.





## Manual de Prácticas

Código

FGA-73 v.00

Página

18 de 39

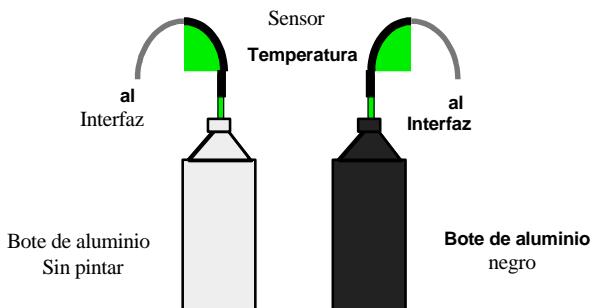
7. Abra el archivo titulado:

DataStudio	ScienceWorkshop (Mac)	ScienceWorkshop (Win)
P46 Heat Transfer.DS	P38 Heat Transfer	P38_HEAT.SWS

8. El archivo *DataStudio* contiene el Workbook. Lea las instrucciones en el Workbook.
9. El archivo *ScienceWorkshop* se abrirá mostrando gráficas de temperatura frente a tiempo de cada sensor de temperatura.
10. La recogida de datos está fijada en una medida cada 10 segundos. La recogida de datos se parará automáticamente pasados 900 segundos (15 minutos).

## PARTE II: CALIBRADO DEL SENSOR Y MONTAJE DEL EQUIPO

11. No se necesita calibrar los sensores de temperatura.



12. Prepare los dos botes de aluminio. Caliente aproximadamente 800 mL de agua hasta 90°C, pero no llene los botes con el agua todavía. Sitúe cada bote sobre una plantilla aislante. Mantenga los botes alejados de corrientes de aire.
13. Llene cada bote al mismo nivel (aproximadamente 200 mL) con el agua caliente (90°C). Introduzca el sensor de temperatura A en el bote sin pintar y el sensor de temperatura B en el bote pintado en negro.

## PARTE III: RECOGIDA DE DATOS

14. Cuando todo esté listo, comience la recogida de datos. Los datos comenzarán a aparecer en la gráfica cada 10 segundos.
15. Remueva el agua de los botes continuamente durante 15 minutos. La recogida de datos finalizará automáticamente pasados 15 minutos

## OPCIONAL

**NOTA:** Se recomienda guardar el experimento y los datos originales antes de comenzar con las actividades opcionales.

**Utilizar un ventilador**

Repita el experimento empleando un ventilador situado junto a los botes de modo que la corriente de aire producida por este envuelva por igual a los dos botes. Encienda el ventilador y comience la recogida de datos.

**Utilizar una lámpara de calor**

Llene los botes con agua a temperatura ambiente. Introduzca los sensores de temperatura en cada bote. Sitúe una lámpara de calor junto a los botes de manera que el calor se distribuya uniformemente entre los dos botes. Encienda la lámpara y comience la recogida de datos.

**16. Preguntas de control**

17. ¿Qué bote se enfrió más rápido?
18. Cuando los botes se están enfriando, ¿qué procesos producen la transferencia de calor? ¿Qué proceso es dominante?
19. Cuando un bote se está enfriando, ¿se enfria más rápido al principio o al final del experimento? Justifique su respuesta.
20. ¿Con qué rapidez se enfrian los botes cuando el ventilador está encendido? Compare la velocidad de enfriamiento determinando el tiempo que transcurrió para enfriar cada bote de 85 °C a 80 °C, con y sin ventilador, y divida el tiempo empleado sin ventilador entre el tiempo empleado con ventilador.
21. Cuando el bote se enfria empleando el ventilador, ¿qué procesos producen la transferencia de calor? ¿Qué proceso es dominante?
22. ¿Qué bote se calentó más rápidamente?
23. Cuando se calienta el bote empleando la lámpara, ¿qué procesos producen la transferencia de calor? ¿Qué proceso es dominante?

**24. Conclusiones y observaciones**

Las conclusiones se deben formular de los resultados obtenidos en la práctica.

**25. Bibliografía**

Puede consultar el tema en la siguiente bibliografía:

26. P.A. Tipler: “**Física para la Ciencia y la Tecnología**”. 5<sup>a</sup> Edición. Vol. 1, Ed. Reverté.
27. F.W. Sears, M.W. Zemansky, H.D. Young y R.A. Freedman: “**Física Universitaria**”, 12<sup>a</sup> Edición. Vol.1, Addison-Wesley-Longman/Pearson Education.
28. Serway R (1997). **Física**, Vol. I 4<sup>a</sup> Edición. Editorial McGraw Hill Interamericana: México.
29. Resnick, R. Halliday, D y Krane K. (2000). **Física** Vol. I, 4<sup>a</sup> Edición. Compañía Editorial continental. S.A: México.



## PRÁCTICA 5 EQUIVALENTE ELÉCTRICO DEL CALOR

### 1. Objetivos

- ✓ Estudiar la relación entre el trabajo eléctrico y el calor.
- ✓ Estudiar la transferencia de energía desde un conductor eléctrico

### 2. Materiales Equipos y materiales

Tema	4.1.1.1 DataStudio	ScienceWorkshop (Mac)	ScienceWorkshop (Win)
Energía	P47 EEH.DS	P39 EEH	P39_EEH.SWS

Equipo necesario	Cant.	Otros	Cant.
Sensor de temperatura (CI-6505A)	1	Vaso con forexpan y tapa	1
Amplificador de potencia (CI-6552A)	1	Agua	200 ml
Balanza (SE-8723)	1	Elementos de protección	PS
Resistencia de calentamiento, 10 Ω, 1 W (CI-6514A)	1		

### 3. Marco Teórico

#### IDEAS PREVIAS

La mayoría de hogares disponen de electrodomésticos o termos que proporcionan agua caliente. Cuando funcionan, la energía eléctrica es disipada como energía térmica por las bobinas de metal de resistencia. La energía térmica se transfiere entonces al agua. ¿Cómo se relaciona el aumento de la energía térmica del agua con la energía eléctrica suministrada?

*Anote su respuesta en la sección **Informe de Laboratorio**.*

El objetivo de esta experiencia es mostrar que la energía disipada por la resistencia calentadora en el agua es igual a la energía absorbida por el agua. Este concepto es conocido como calentamiento de Joule. Puede encontrar el **equivalente eléctrico del calor** a partir de la conservación de la energía. El equivalente eléctrico del calor es el número de Joules de energía eléctrica que son equivalentes a una caloría de energía térmica.



Cuando se calienta agua sumergiendo una resistencia de calentamiento y circula una intensidad por la resistencia, el calor de Joule es transferido desde la resistencia al agua y hace que cambie la temperatura del agua.

Utilizando la conservación de la energía, si no hay pérdidas en los alrededores, toda la energía dada por la resistencia debería ser absorbida por el agua. La energía, E, disipada por la resistencia es

$$E = Pt$$

donde t es el tiempo que circula la intensidad por la resistencia y P es la potencia dada por

$$P = IV$$

donde I es la intensidad que circula por la resistencia y V el voltaje a través de la resistencia.



La energía ganada por el agua está dada por

$$Q = mc\Delta T$$

donde m es la masa del agua, c es el calor específico del agua (1 cal/g °C), y  $\Delta T$  es el cambio de temperatura del agua.

**RECUERDE**

- Utilice ropa protectora.
- Siga las instrucciones de utilización del equipo.
- Asegúrese que la resistencia de calentamiento está dentro del agua antes de encender la alimentación.



#### 4. Procedimiento

Utilice el amplificador de potencia para suministrar la energía eléctrica a la resistencia de calentamiento a la tensión configurada. (la energía disipada por la resistencia calienta la cantidad medida de agua) Utilice el sensor de temperatura para medir los cambios de temperatura.

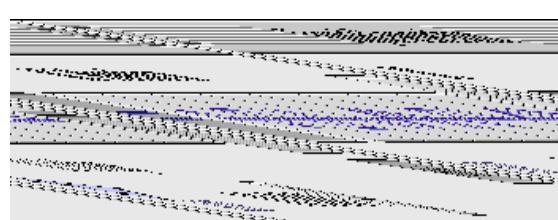
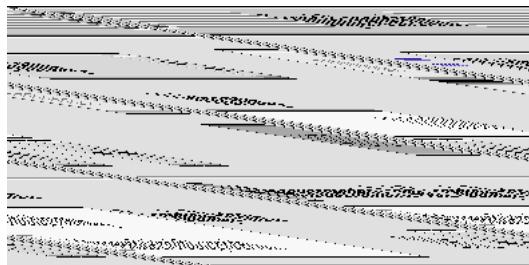
Utilice *DataStudio* o *ScienceWorkshop* para registrar la salida de intensidad y tensión del amplificador de potencia y el cambio de temperatura en el agua. Utilice el programa para calcular la energía eléctrica integrando en el tiempo la potencia eléctrica (tensión multiplicada por intensidad). Calcule la energía térmica ganada por el agua utilizando la masa conocida de agua y el cambio de temperatura medido. Utilice la energía eléctrica (en Joule) y la energía ganada por el agua (en calorías) para determinar el equivalente eléctrico del calor.

**PARTE I: CONFIGURACIÓN DEL ORDENADOR**

- Conecte el interfaz al ordenador, encienda el interfaz y el ordenador.
- Conecte un sensor de temperatura al Canal analógico A, y el amplificador de potencia al canal analógico B.
- Abra el archivo titulado:

4.1.1.2 DataStudio	ScienceWorkshop (Mac)	ScienceWorkshop (Win)
P47 EEH.DS	P39 EEH	P39_EEH.SWS

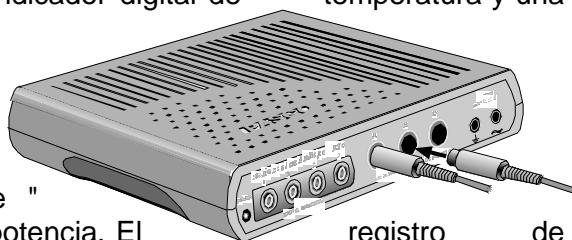
- El archivo DataStudio contiene una gráfica, un indicador digital y el Workbook. Lea las instrucciones en el Workbook.





El archivo de ScienceWorkshop contiene un indicador digital de temperatura y una gráfica.

- La "Potencia de salida" (Power Output) se calcula basándose en la tensión a través de la resistencia y la intensidad que circula. Que se asume son los mismo que la "Tensión de salida" e "Intensidad" que en el amplificador de potencia. El dato está fijado a 1 segundo. por medida.
- El generador de señales está fijado automáticamente para dar un voltaje de salida en CC de 10 voltios cuando se inicie la recogida de datos.



registro de

### **PARTE II: CALIBRADO DEL SENSOR Y MONTAJE DEL EQUIPO**

No se necesita calibrar el sensor de temperatura. Lea las instrucciones en el Workbook. Lea las instrucciones en el Workbook

Si el vaso tiene tapa, haga un agujero en la tapa para el sensor de temperatura y un segundo agujero para la resistencia de calentamiento. Pese el vaso con el aislante y la tapa. Anote la masa en la Tabla de Datos.

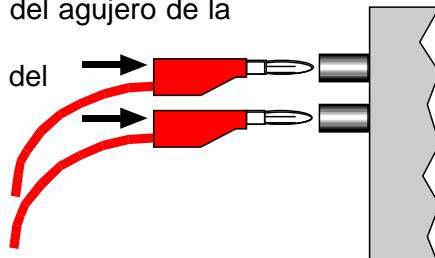
**NOTA:** Utilice agua que esté unos tres grados Celsius por debajo de la temperatura ambiente cuando comience la recogida de datos. Tome datos hasta que la temperatura del agua esté tres grados por encima de la temperatura ambiente. Esto minimiza el efecto del entorno debido a que el agua gana energía de su entorno en la primera parte de la experiencia y cede energía al entorno en la otra mitad de la experiencia.

1. Ponga unos 200 mL de agua en el vaso y pese el vaso, la tapa y el agua. Mida y anote la masa total. Reste la masa del vaso y de la tapa de la masa total del vaso con agua para encontrar la masa de agua. Anote la masa de agua en la Tabla de Datos.
2. Conecte los cables de la resistencia de calentamiento en los terminales de salida de la fuente de alimentación.

**PRECAUCIÓN:** Asegúrese que la resistencia está sumergida en el agua cuando la corriente circula por ella. Sino se puede quemar

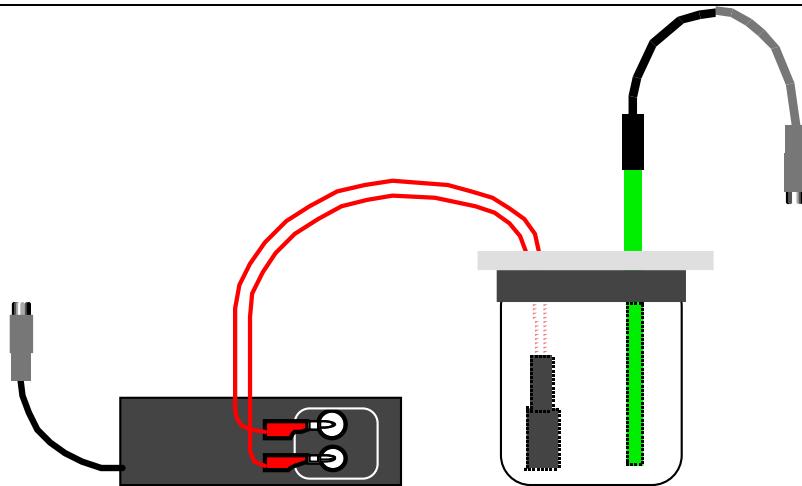
Introduzca la resistencia de calentamiento a través del agujero de la tapa. Sumerja la resistencia en el agua.

Introduzca el sensor de temperatura a través del agujero de la tapa del vaso.



### **PARTE III: RECOGIDA DE DATOS**

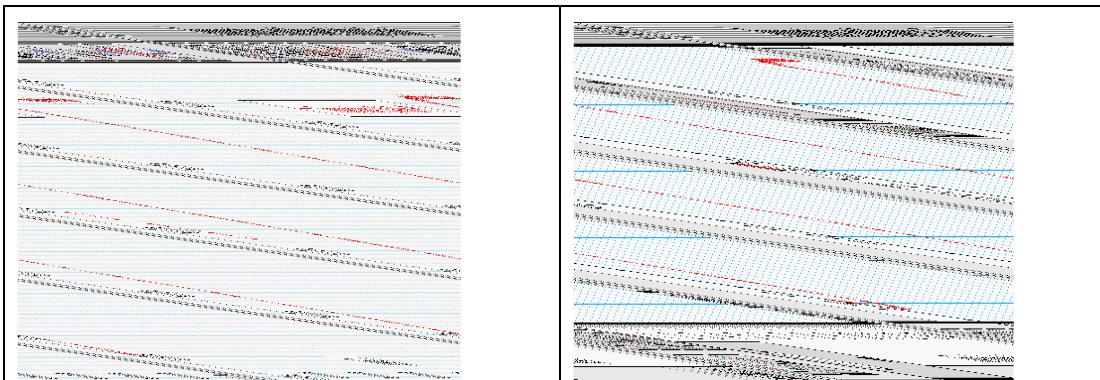
1. Encienda el amplificador de potencia (el interruptor está en la parte posterior).



Comience la recogida de datos (la señal del generador se genera automáticamente cuando se inicia la recogida) Observe la temperatura de comienzo.

**IMPORTANTE:** Mientras se están adquiriendo datos, agite suavemente el agua del vaso para que el agua se caliente uniformemente Observe el indicador digital de temperatura para mantener trayectoria de la temperatura.

2. Cuando la temperatura alcance tres grados por encima de la temperatura ambiente, apague el amplificador, pero continúe agitando el agua y la recogida de datos.



3. La temperatura continuará elevándose hasta que la que la última cantidad de la energía térmica de la resistencia se transfiera.
4. Cuando la temperatura del agua pare de subir y se estabilice. Pare la recogida de datos.

## 5. Análisis de datos

1. Ajuste la gráfica para mostrar estadísticas.
2. En DataStudio, pulse en la gráfica de temperatura para que se active. Pulse botón del menú 'Statistics' ( ) en la barra de herramientas de la gráfica. Resultado: La leyenda de la gráfica muestra 'Min' y 'Max'.
3. En ScienceWorkshop, pulse el botón 'Estadísticas' ( ) t para abrir la zona de



## Manual de Prácticas

Código

FGA-73 v.00

Página

24 de 39

- Estadísticas en la parte derecha de la gráfica. Pulse "autoescala" para reescalar la gráfica. Pulse en el "menú de estadísticas" ( ) de la gráfica de temperatura frente al tiempo. Seleccione "Máximo" y "Mínimo". Resultado: La zona de estadísticas muestra los valores máximos y mínimos de x e y
4. Anote las temperaturas máximas y mínimas (valores de y) Calcule y anote los cambios de temperatura del agua
  5. Ajustar la gráfica para mostrar el área bajo la curva de la potencia consumida frente al tiempo.



6. En DataStudio, pulse en la gráfica de temperatura para que se active. Pulse botón del menú 'Statistics' ( ) en la barra de herramientas de la gráfica y seleccione 'Área'.
7. En ScienceWorkshop, pulse 'menú de estadísticas' en la zona de la gráfica de Potencia de salida. Seleccione 'Integración' del menú de estadísticas.
8. Anote el valor del 'Área' como la energía eléctrica ('watt \* s' o joules) consumida por la resistencia de calentamiento.
9. Sugerencia En DataStudio, el valor del 'Área' está en la leyenda de la gráfica.
10. Calcule (en calorías) la energía térmica (Q) absorbida por el agua utilizando  $Q = mc\Delta T$ , donde m es la masa del agua, c es el calor específico del agua (1cal/g°C), y  $\Delta T$  es el cambio de temperatura del agua. Anote el valor en la Tabla de Datos
11. Por la ley de conservación de la energía, la energía eléctrica consumida por la resistencia debería ser igual a la energía térmica ganada por el agua, despreciando las pérdidas del entorno.
12. Calcule el número de Joules por caloría:

$$E. E. H. \left( \frac{J}{cal} \right) = \frac{\text{energía eléctrica}}{\text{energía térmica}}$$

13. Calcule el porcentaje de diferencia entre el valor experimental y el valor aceptado (4.184 J/cal). Anote el porcentaje de diferencia en la Tabla de Datos.

La mayoría de hogares disponen de electrodomésticos o termos que proporcionan agua caliente. Cuando funcionan, la energía eléctrica es disipada como energía térmica por las bobinas de metal de resistencia. La energía térmica se transfiere entonces al agua. ¿Cómo se relaciona el aumento de la energía térmica del agua con la energía eléctrica suministrada?

**Tabla de Datos**

Item	Cantidad	Item	Cantidad
Masa del vaso aislado		Temperatura (max)	
Masa del vaso aislado con agua		Temperatura (min)	
Masa de agua		Cambio en Temp. ( $\Delta T$ )	
Item	Cantidad		
Energía eléctrica, $E = Pt$			
Energía térmica, ( $\Delta Q = mc\Delta T$ )			
Equivalente eléctrico del calor			

**Valor aceptado** = 4.184 J/cal

**Porcentaje de diferencia** = \_\_\_\_\_ %



### **PREGUNTAS DE CONTROL**

- 1.** ¿Era la energía térmica ganada por el agua mayor, la misma o menor que la energía eléctrica disipada por la resistencia?
- 2.** Los volares de la resistencia son 10 ohmio y 1 Watio. ¿Por cuánto se ha sobrepasado la potencia en esta experiencia? ¿Por qué no se quemó la resistencia?
- 3.** ¿Cuáles son los factores que se deberían tener en cuenta en el porcentaje de diferencia entre el valor aceptado y el experimental para el equivalente eléctrico del calor

### **6. Conclusiones y Observaciones**

Las conclusiones se deben formular de los resultados obtenidos en la práctica.

### **7. Bibliografía**

Puede consultar el tema en la siguiente bibliografía:

- Serway R (1997). **Física**, Vol. I 4<sup>a</sup> Edición. Editorial McGraw Hill Interamericana: México.
- Resnick, R. Halliday, D y Krane K. (2000). **Física** Vol. I, 4<sup>a</sup> Edición. Compañía Editorial continental. S.A: México.



## PRÁCTICA 6 CALOR vs TEMPERATURA

### 1. Objetivos

- ✓ Reconocer el calor como una forma de energía.
- ✓ Identificar el proceso de conservación de la energía, a través de una transferencia de calor.

### 2. Equipos y materiales

Tema	DataStudio	ScienceWorkshop (Mac)	ScienceWorkshop (Win)
Energía	P16 Heat v Temperature.DS	G22 Heat v. Temperature	G22_TEMP.SWS

Equipo necesario	Cant.	Otros	Cant.
Sensor de temperatura (CI-6505A)	1	Vaso aislante con tapadera	1
Probeta, 100 mL	1	Agua	300 mL
Resistencia, 10 Ω, 1 W	1		
Transformador, DC, 10 W (SE-9720)	1		
Ropa protectora			

(\*emplee preferentemente la resistencia incluida en el kit Termodinámico PASCO CI-6514)

### 3. Marco Teórico

**EL CALOR:** El calor es la energía en tránsito entre dos o más objetos. Cuando la energía está en el interior de un objeto, a veces se denomina energía interna o energía térmica. La energía térmica de un cuerpo es la suma de energía cinética total de todas las partículas que componen el cuerpo. La temperatura es el valor medio de la energía cinética de todas las partículas que componen el cuerpo. La temperatura de un objeto no dice mucho acerca de la energía cinética de cualquier partícula de las que lo componen. El valor de la temperatura viene dado en una escala como la que se encuentra en un termómetro común. Un termómetro mide la temperatura por medio de la dilatación y contracción de un líquido, normalmente mercurio o alcohol coloreado. La razón por la cual este método funciona es que el líquido se contrae y dilata de forma predecible y repetitiva cuando gana o pierde energía térmica. Por ejemplo, el mercurio contenido en un termómetro se dilata siempre hasta el mismo nivel cuando el extremo del termómetro se introduce en agua hirviendo y se contrae siempre hasta el mismo nivel cuando el extremo del termómetro se introduce en agua mezclada con hielo. El valor de la temperatura es una forma de hacer comparaciones. Si afirmamos que un líquido está a 0°C, queremos decir que el mercurio contenido en el termómetro se contraerá hasta el mismo nivel en que lo hizo al introducirlo en agua mezclada con hielo. La cantidad de energía térmica contenida en un cuerpo está relacionada con la temperatura, pero la temperatura por sí misma no puede indicar mucho acerca de la energía térmica contenida en ese cuerpo. Por ejemplo, las brasas de una chimenea pueden estar a 600°C mientras que una sola chispa del fuego puede estar a 2000°C. La chispa por sí misma no transmite mucho calor, mientras que las brasas, relativamente "frías", transmiten una cantidad muy importante de calor. La diferencia entre las brasas y la chispa tiene mucho que ver con la temperatura y la cantidad de materia. Dos termómetros idénticos introducidos en dos recipientes de agua situados sobre un fogón mostrarán diferentes temperaturas si han estado el mismo tiempo sobre el fogón y si la cantidad de agua en uno de los recipientes es distinta de la cantidad de agua contenida en el otro.



#### 4. Procedimiento

##### RECUERDE

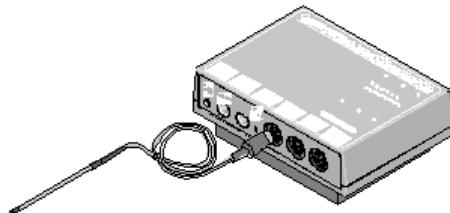
- ✓ Utilice ropa protectora.
- ✓ Siga las instrucciones de utilización del equipo.
- ✓ Introduzca la resistencia en el agua antes de encenderla.



Utilice el Sensor de temperatura para medir la temperatura de 100 mL de agua mientras la resistencia la calienta durante un determinado tiempo. A continuación, utilice el sensor para medir la temperatura de 200 mL de agua mientras la misma resistencia la calienta durante el mismo tiempo. Utilice el DataStudio o el ScienceWorkshop para registrar y mostrar los datos. Compare la temperatura final de la muestra de 100 mL de agua con la temperatura final de la muestra de 200 mL de agua.

#### PARTE I: CONFIGURACIÓN DEL ORDENADOR

1. Conecte el interfaz de ScienceWorkshop al ordenador, encienda el interfaz y el ordenador.
2. Conecte la clavija DIN del Sensor de temperatura en el Canal analógico A del interfaz.
3. Abra el archivo titulado:



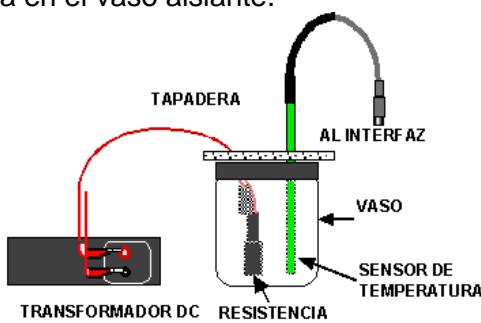
DataStudio	ScienceWorkshop (Mac)	ScienceWorkshop (Win)
P16 Heat v Temp.DS	G22 Heat v. Temperature	G22_TEMP.SWS

4. El archivo DataStudio contiene el Workbook. Lea las instrucciones en el Workbook.
5. El archivo ScienceWorkshop se abrirá mostrando una gráfica de temperatura frente a tiempo, información numérica y una tabla de la temperatura.
6. La recogida de datos está fijada en 1 medida por segundo, una 'Condición de inicio' para el Canal A de 0,20 voltios y una 'Condición de parada' para el tiempo de 600 s (10 min.).

#### PARTE II: CALIBRADO DEL SENSOR Y MONTAJE DEL EQUIPO

**No se necesita calibrar el Sensor de temperatura.**

1. Si tiene una tapadera que se ajuste a la boca del vaso, haga un agujero en ella para el Sensor y otro agujero para la resistencia.
2. Vierta 100 mL de agua en el vaso aislante.





- **NOTA:** Comience con el agua a unos 18°C. El programa comenzará la recogida de datos cuando el agua alcance los 20°C.
- **3.** Conecte las clavijas de la resistencia en los enchufes "output" del transformador.
- **4.** Introduzca la resistencia por el agujero de la tapadera. Introduzca la resistencia en el agua.
- **5.** Introduzca el Sensor de temperatura por el agujero de la tapadera del vaso.
- **PRECAUCIÓN:** Asegúrese de que la resistencia esté sumergida en el agua cuando esté conectada. De otro modo podría quemarse.

#### **PARTE IIIA: RECOGIDA DE DATOS – 100 mL**

- **1.** Ajuste el transformador para que suministre 10 voltios a 1 amp. Encienda el transformador.
- **2.** Comience la recogida de datos (haga clic en 'Start' o en 'Grabar'). La recogida de datos comenzará automáticamente cuando la temperatura del agua alcance 20°C.

Observe la información numérica de la temperatura.

- **IMPORTANTE:** Mientras el transformador esté encendido, remueva suavemente el agua para que se caliente más rápidamente.

- **3.** La recogida de datos se finalizará automáticamente pasados 10 minutos. Cuando finalice la recogida de datos, apague el transformador.
- **4.** Retire el Sensor y la resistencia del vaso. Deseche los 100 mL del agua caliente.

#### **PARTE IIIB: RECOGIDA DE DATOS – 200 mL**

- **1.** Vierta 200 mL de agua en el vaso. El agua debe estar por debajo de 20°C.
- **2.** Introduzca de nuevo el Sensor y la resistencia en el vaso.
- **3.** Encienda la resistencia.
- **4.** Comience la recogida de datos. La recogida de datos comenzará automáticamente cuando la temperatura alcance 20°C.
- **5.** Observe la información numérica de la temperatura.

- **IMPORTANTE:** Cuando el transformador esté encendido, remueva suavemente el agua para que se caliente más rápidamente.

- **6.** La recogida de datos se finalizará automáticamente pasados 10 minutos. Cuando se finalice la recogida de datos, apague el transformador.
- **7.** Retire el Sensor y la resistencia del vaso. Deseche los 200 mL del agua caliente.

#### **5. Análisis de Datos**

- **1.** Configure la gráfica para que muestre datos estadísticos tales como el mínimo y el máximo.
- **2.** Sugerencia: En el DataStudio, selecciónelos en el menú 'Statistics'. En el ScienceWorkshop, haga clic en el botón 'Estadísticas' para abrir el área estadística a la derecha de la gráfica. A continuación, selecciónelos en el 'Menú de estadísticas'.
- **3.** Configure la tabla para que muestre datos estadísticos tales como el máximo y el mínimo.



4. Registre los valores máximo y mínimo de la temperatura de la primera serie de datos.
5. Registre los valores máximo y mínimo de la temperatura de la segunda serie de datos.
6. Registre la cantidad de agua empleada en cada serie.
7. Determine la variación de la temperatura y regístrela.

**Tabla de Datos**

Medida	Serie #1	Serie #2
Cantidad de agua	mL	mL
Temperatura (máxima)	°C	°C
Temperatura (mínima)	°C	°C
Variación de la temperatura ( $\Delta T$ )	°C	°C

#### 6. Preguntas de control

1. ¿Cuál es la variación de la temperatura de los 100 mL de agua en la Serie #1?
2. ¿Cuál es la variación de la temperatura de los 200 mL de agua en la Serie #2?
3. Compare la variación de las temperaturas entre Serie #1 y Serie #2.
4. ¿Recibieron los 100 mL de agua la misma, más o menos energía térmica que los 200 mL de agua? Justifique su respuesta.
5. ¿Por qué se diferencia la temperatura final de los 200 mL de agua a la temperatura final de los 100 mL de agua?

#### 7. Conclusiones y observaciones

Las conclusiones se deben formular de los resultados obtenidos en la práctica.

#### 8. Bibliografía

Puede consultar el tema en la siguiente bibliografía:

- P.A. Tipler: “**Física para la Ciencia y la Tecnología**”. 5<sup>a</sup> Edición. Vol. 1, Ed. Reverté.
- F.W. Sears, M.W. Zemansky, H.D. Young y R.A. Freedman: “**Física Universitaria**”, 12<sup>a</sup> Edición. Vol.1, Addison-Wesley-Longman/Pearson Education.
- Serway R (1997). **Física**, Vol. I 4<sup>a</sup> Edición. Editorial McGraw Hill Interamericana: México.
- Resnick, R. Halliday, D y Krane K. (2000). **Física** Vol. I, 4<sup>a</sup> Edición. Compañía Editorial continental. S.A: México.



## PRÁCTICA 7

### PRESIÓN vs TEMPERATURA: CERO ABSOLUTO

#### 1. Objetivos

- ✓ Estimar el cero absoluto de temperaturas.
- ✓ Comprobar la ley de Boyle-Mariotte.

#### 2. Equipos y materiales

Tema	4.1.1.3 DataStudio	ScienceWorkshop (Mac)	ScienceWorkshop (Win)
Gases	P17 Pres v Temp.DS	Ver final	Ver final

Equipo necesario	Cantidad	Equipo necesario	Cantidad
Sensor de presión (CI-6532A)	1	Tapón agujereado	1
<b>Sensor de temperatura (CI-6505A)</b>	1	Tenazas	1
<b>Base y soporte (ME-9355)</b>	1	Tubos (con Sensor)	1
Recipiente, 1 L	4	Ropa protectora	PS
Abrazadera y bureta (SE-9446)	1		
<b>Conector, tapón agujereado (con Sensor)</b>	1	<b>Otros</b>	<b>Qty</b>
Conector de ajuste rápido (con Sensor)	1	Glicerina	1 mL
Matraz Erlenmeyer, 125 mL	1	Hielo picado	1 L
Calentador eléctrico	1	Aqua	3 L

#### 3. Marco Teórico

Los estados de la materia más comunes en este planeta son sólidos, líquido y gaseoso. La única diferencia existente entre estos estados es la cantidad de movimiento de las partículas que componen las sustancias. La temperatura es una medida del movimiento relativo de las partículas de una sustancia porque la temperatura es una medida de la energía cinética media de las partículas. A cualquier temperatura específica la energía cinética total es constante. Las partículas que tienen una gran energía cinética tienden a chocar frecuentemente y apartarse. Las fuerzas intermoleculares tienden a empujar unas partículas contra otras. Las fuerzas que unen algunas moléculas a una temperatura determinada son mayores que la energía cinética de las moléculas. En un 'gas ideal' no hay fuerzas intermoleculares, de hecho, el gas ideal no tiene masa ni volumen. Mientras que el gas ideal es ficticio, los gases reales a temperatura ambiente y presión normal se comportan como si sus moléculas fuesen ideales. La energía cinética de las moléculas solo es superada por las fuerzas intermoleculares y las moléculas pueden unirse a altas presiones o bajas temperaturas. En el gas ideal, el volumen del gas es inversamente proporcional a la presión ejercida sobre el gas a temperatura constante. En otras palabras, el producto del volumen y la presión del gas es constante cuando la temperatura es constante.



$$P \cdot V = k$$

Por ejemplo, imagine que la presión del gas contenido en un globo es una atmósfera y tiene un volumen de 20 litros. El valor de  $k$  es 12 atmósferas/litro. Si el globo se elevará hasta un punto de la atmósfera en el que la presión es 0,5 atmósferas, el volumen se expandiría hasta 24 litros y el valor de  $k$  seguiría siendo 12 atmósferas/litro. Al mismo tiempo, el volumen del gas es directamente proporcional a la temperatura. Si se calienta un gas, su volumen se incrementa. Si se enfriá, el volumen disminuye, así que:

$$V = T \cdot k_2$$

¿Qué ocurre a temperaturas muy bajas? En los gases reales las moléculas se acercan entre ellas, las fuerzas intermoleculares superan a la energía cinética y el gas pasa a ser líquido. A temperaturas aún más bajas y presiones más altas, el líquido es forzado a adoptar una estructura rígida que denominamos sólido. En el caso del gas ideal, el gas seguiría conservando una relación constante entre la presión y el volumen. Si la temperatura disminuye, el volumen y la presión también disminuyen. La presión y el volumen mantienen una relación constante.

En esta experiencia el volumen del gas es constante porque se utilizará un recipiente rígido cuyo volumen no cambiará, aunque cambie la temperatura. Para un volumen constante:

$$P \text{ es proporcional a } T$$

o

$$P = T \cdot k_3$$

Teóricamente, se puede utilizar una gráfica de presión frente a temperatura para estimar el valor del cero absoluto determinando la temperatura en la que la presión alcanza cero.

**RECUERDE**

- Utilice ropa protectora.
- Siga las instrucciones de utilización del equipo.
- Tenga cuidado al calentar el agua.

**4. Cuestionario**

Este cuestionario debe desarrollarse antes de la realización de la práctica y debe entregarse y/o socializarse Antes de la realización de la práctica, según las indicaciones del docente.

- ✓ Consulte sobre la ley de Boyle-Mariotte.
- ✓ Defina rigurosamente el concepto temperatura.
- ✓ Consulte los distintos sistemas en la cual se expresa la temperatura.



## 5. Procedimiento

### Preparación de un baño María

Vierta 600 mL de agua en un recipiente de 1 L y ponga el recipiente sobre el calentador. Caliente el agua hasta que hierva. Vigile el agua mientras prepara el resto del equipo. Utilice el Sensor de presión para medir la presión en el interior de un matraz y el Sensor de temperatura para medir la temperatura del baño María en el que se encuentra el matraz. Utilice el *DataStudio* o el *ScienceWorkshop* para realizar la gráfica de presión frente a temperatura. Utilice la gráfica para determinar la relación entre presión y temperatura y estimar el valor del cero absoluto.

### **PARTE I: CONFIGURACIÓN DEL ORDENADOR**

1. Conecte el interfaz de *ScienceWorkshop* al ordenador, encienda el interfaz y el ordenador.
2. Conecte la clavija DIN del Sensor de temperatura en el Canal analógico A del interfaz. Conecte la clavija DIN del Sensor de presión en el Canal analógico B del interfaz.

<b>4.1.1.4 Abra el archivo titulado: DataStudio</b>	ScienceWorkshop (Mac)	ScienceWorkshop (Win)
P17 Pres v Temp.DS	Ver final	Ver final

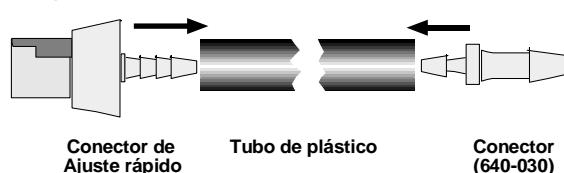
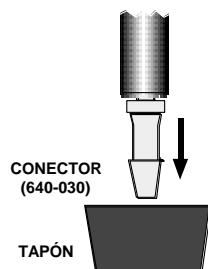
- El archivo *DataStudio* contiene una tabla y una gráfica de la presión y la temperatura del baño María.
- Para *ScienceWorkshop*, lea el apéndice al final de esta experiencia.
- La recogida de datos está fijada en diez medidas por segundo (10 Hz). Utilice 'Manual Sampling' (*DataStudio*) o 'Teclado de muestreo' (*ScienceWorkshop*) para registrar la presión y la temperatura para cada temperatura.

### **PARTE II: CALIBRADO DEL SENSOR Y MONTAJE DEL EQUIPO**

**No se necesita calibrar los sensores.**

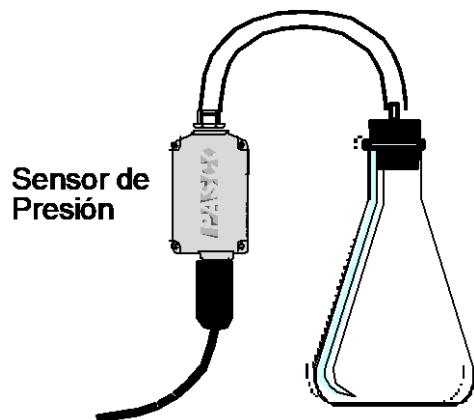
#### Montaje del equipo

- Para esta parte se necesitará: glicerina, un conector de ajuste rápido, un conector, un tapón de goma agujereado, tubos de plástico, un matraz erlenmeyer y el Sensor de presión.
- Vierta una gota de glicerina en el extremo alargado del conector de ajuste rápido e introduzcalo en uno de los extremos del tubo de plástico de unos 15 cm que acompaña el Sensor.





- Vierta una gota de glicerina en el extremo alargado del conector 640-030 e intodúzcalo en el otro extremo del tubo.
- Introduzca el otro extremo del conector en el tapón agujereado.
- Ponga el tapón en el matraz.
- Conecte el extremo libre del conector de ajuste rápido al Sensor de presión girando un octavo de vuelta hasta que suene “click”.



#### Preparación de otros tres baños María

- En esta parte se necesitarán: 3 recipientes de 1 L, agua y hielo.
- Llene un recipiente con unos 600 mL de agua corriente y hielo.
- Llene el segundo recipiente con unos 600 mL de agua a temperatura ambiente (unos 20°C).
- Llene el tercer recipiente con unos 600 mL de agua corriente caliente.

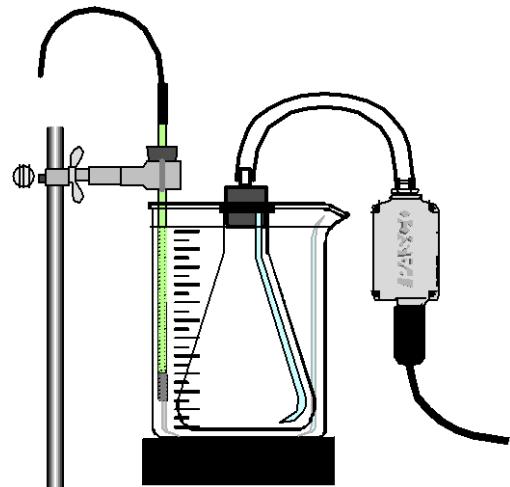
#### **PARTE III: RECOGIDA DE DATOS**

1. Cuando todo esté listo, registre las medidas de presión y temperatura.
- (Sugerencia: Para el *ScienceWorkshop*, lea el apéndice al final de esta experiencia. En el *DataStudio*, haga *clic* en ‘Start’. El botón ‘Start’ cambiará a ‘Keep’ ( ).
- La tabla muestra la temperatura y la presión en la primera línea.

Table 1	
▲ Temperature, ChA Run #1	■ Pressure, ChB Run #1
Time (s)	Temperature (deg C)
3.5000	25.3



2. Introduzca el matraz en el baño María con hielo de modo que quede cubierto del todo. Introduzca el Sensor de temperatura en el hielo y remueva suavemente.
3. Cuando se estabilicen los datos de temperatura y presión, haga *clic* 'Keep' para registrar los datos.
  - Los valores registrados de temperatura y presión aparecerán en la primera línea de la tabla.
4. A continuación, introduzca el matraz y el Sensor de temperatura en el baño María de agua a temperatura ambiente. Remueva suavemente con el sensor. Cuando se estabilicen los valores de temperatura y presión, haga *clic* en 'Keep'.
5. Repita el procedimiento con el baño María de agua caliente.
  - A continuación, utilice una base y un soporte, una abrazadera y un tapón para sostener el Sensor de temperatura en el baño María de agua hirviendo. Utilice unas tenazas para sujetar el matraz.



**¡ATENCIÓN! No toque el recipiente, el agua, ni el calentador.**

6. Cuando los valores de temperatura y presión se estabilicen en la tabla, haga *clic* en 'Keep' para registrar los datos.
7. Pare la recogida de datos haga *clic* en (  ). Apague el calentador. Retire el matraz y el Sensor.

#### **Tabla de Datos**

Baño María	Presión (kPa)	Presión (atm)	Temp. (°C)	Temp. (K)	P/T	PxT
Agua helada						
Temp. ambiente						
Agua caliente						
Agua hirviendo						

#### **6. Análisis de datos**

1. Utilice la gráfica para determinar si la relación entre presión y temperatura es o no lineal. En el display gráfico, haga *clic* en el botón 'Estadísticas' (  ) para abrir el área estadística. En el área estadística, haga *clic* en el botón 'Menú de estadísticas' (  ) y seleccione 'Ajuste de curva, ajuste lineal'.
2. Utilice la gráfica para determinar el valor del Cero Absoluto. En la gráfica, utilice los botones 'Zoom Out' (  ) de los ejes horizontal y vertical para expandir la



gráfica hasta que se vea por qué punto cruza la línea de ajuste lineal el eje X. A continuación, utilice ‘Cursor inteligente’ ( ) para encontrar las coordenadas del punto de intersección. La coordenada ‘x’ aparece bajo el eje X.

3. Compare el valor obtenido para el Cero Absoluto con el valor comúnmente aceptado (-273 °C).
4. Utilice sus datos para determinar si la relación entre presión y temperatura es directa o inversa.  
(Sugerencia: Si la relación es directa, la proporción entre presión (atmósferas) y temperatura (Kelvin) es constante. Si la relación es inversa, el producto de presión y temperatura es constante. Es decir, si  $P/T$  es constante, la relación es directa. Si  $P \times T$  es constante, la relación es inversa).
  - Pase los datos de presión de kilopascales a atmósferas (1 atm = 101 kPa) y registre el resultado en la tabla de datos.
  - Pase los datos de temperatura de °C a Kelvin ( $K = {}^{\circ}C + 273$ ) y registre el resultado en la tabla de datos.
  - Calcule la proporción entre presión (atm.) y temperatura (K). Calcule el producto de presión y temperatura. Compare.
5. Utilice sus datos y observaciones para contestar las preguntas de la sección Informe de Laboratorio.

## 7. Preguntas de control

1. ¿Es lineal la relación entre la presión de un gas y la temperatura cuando el volumen es constante?
2. Basándose en los datos obtenidos, ¿La relación entre presión y temperatura es directa o inversa?
3. Basándose en los datos obtenidos, ¿cuál es el valor del cero absoluto?
4. Compare el valor obtenido para el cero absoluto con el valor comúnmente aceptado (-273 °C).

## 8. Conclusiones y Observaciones

Las conclusiones se deben formular de los resultados obtenidos en la práctica.

## 9. Bibliografía

Puede consultar el tema en la siguiente bibliografía:

- F.W. Sears, M.W. Zemansky, H.D. Young y R.A. Freedman: “Física Universitaria”, 12<sup>a</sup> Edición. Vol.1, Addison-Wesley-Longman/Pearson Education.
- Serway R (1997). Física, Vol. I 4<sup>a</sup> Edición. Editorial McGraw Hill Interamericana: México.



## PRÁCTICA 8

### PRINCIPIO DE ARQUIMIDES

#### 1. Objetivos

- ✓ Comprobar experimentalmente el principio de Arquímedes
- ✓ Aplicar este principio para determinar las densidades de cuerpos.

#### 2. Equipos y materiales

Equipo necesario	Cant.	Equipo necesario	Cant.
Sensor de fuerza (CI-6746)	1	Masas y soportes (ME-9348)	1
Base y soporte (ME-9355)	1	Regla graduada	1
Recipiente, 1000 mL	1	Hilo (SE-8050)	1 m
Compás de espesor (SF-8711)	1	Soporte (ME-8736)	1
Abrazadera, ángulo derecho (SE-9444)	1		
Cilindro metálico, con enganche (de ME-8569)	1	Otros	Qty
Probeta	1	Agua	800 mL
Gato (SE-9373)	1	Aceite vegetal (opcional)	800 mL

#### 3. Marco Teórico

El principio de Arquímedes establece que el empuje que experimenta un objeto completa o parcialmente sumergido en un fluido es igual al peso del fluido desplazado por el objeto.

$$E = m_f g = \rho_f V g$$

donde  $\rho_f$  es la densidad del fluido,  $V$  es el volumen sumergido del objeto y  $g$  es la aceleración de la gravedad. El volumen sumergido es igual al área de la sección,  $A$ , multiplicado por la altura sumergida,  $h$ . El empuje boyante puede describirse como:

$$E = \rho_f (Ah)g$$

Si el objeto se va sumergiendo en el fluido mientras se está midiendo el empuje, la pendiente de  $E$  frente a  $h$  es proporcional a la densidad del fluido.

#### 4. Cuestionario

Este cuestionario debe desarrollarse antes de la realización de la práctica y debe entregarse y/o socializarse Antes de la realización de la práctica, según las indicaciones del docente.

- ✓ Consultar tablas de densidades de líquido, sólidos y fórmulas como se calcula el volumen y el área de figuras y regiones geométricas.
- ✓ Consulte las relaciones para el principio de Arquímedes con: peso aparente y fuerza de empuje.

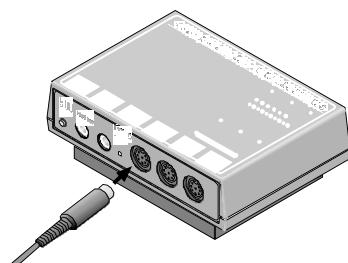


## 5. Procedimiento

Utilice el Sensor de fuerza para medir la fuerza ejercida sobre un objeto mientras se sumerge en agua. Utilice ‘Teclado de muestreo’ para introducir los valores de la profundidad. Utilice DataStudio o el ScienceWorkshop para dibujar la curva de fuerza frente a profundidad y obtener la densidad del fluido.

### PARTE I: CONFIGURACIÓN DEL ORDENADOR

- Conecte el interfaz de ScienceWorkshop al ordenador, encienda el interfaz y el ordenador.
- Conecte la clavija Din del Sensor de fuerza al Canal analógica A del interfaz.
- Abra el archivo titulado:



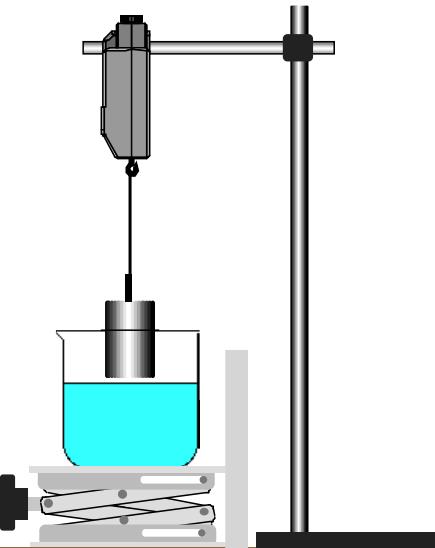
DataStudio	ScienceWorkshop (Mac)	ScienceWorkshop (Win)
P13 Buoyant Force.DS	P18 Buoyant Force	P18_BUOY.SWS

- El archivo DataStudio contiene el Workbook. Lea las instrucciones en el Workbook.
- El archivo ScienceWorkshop contiene una gráfica de fuerza frente a profundidad.
- La recogida de datos está fijada en Hz. ‘Teclado de muestreo’ permite al usuario introducir la profundidad en metros.

### PARTE II: CALIBRADO DEL SENSOR Y MONTAJE DEL EQUIPO

Para calibrar el Sensor de fuerza, lea las instrucciones en el manual del Sensor.

- Monte el Sensor de fuerza en un soporte horizontal con el enganche hacia abajo.
- Empleando el calibre, mida el diámetro del cilindro metálico. A partir de diámetro, calcule el radio y el área de la base. Anote el área en la tabla de datos de la sección Informe de Laboratorio.  
Recuerde:  $A = \pi R^2$



- Cuelgue el cilindro metálico en el enganche del Sensor de fuerza con un hilo.
- Vierta 800mL de agua en el recipiente y sitúe el recipiente sobre el dispositivo elevador bajo el cilindro. El fondo del cilindro debe tocar el agua.

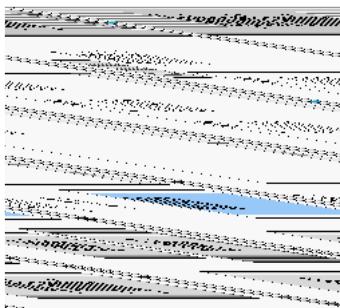


- Sitúe la regla graduada al lado del gato. Observe la altura inicial del dispositivo elevador.

### PARTE III: RECOGIDA DE DATOS

Antes de recoger datos para su posterior análisis, quizás quiera practicar con el “Teclado de muestreo”.

1. Con el cilindro suspendido del enganche del Sensor de fuerza, presione el botón de tarado para poner el Sensor a cero.
  2. Registre los datos de fuerza frente a profundidad mientras sumerge el cilindro.
- En el DataStudio, mueva la tabla hasta que se vea claramente.
  - Haga clic en el botón ‘Empezar’ para comenzar la recogida de datos. El botón se transforma en un botón ‘Grabar’ y un botón ‘Parar’ ( ). La fuerza aparecerá en la primera celda de la tabla. Haga clic en el botón ‘Grabar’ para registrar el valor de la fuerza.
  - Sumerja el cilindro 5 milímetros (5 mm) elevando el recipiente con agua 5 mm con el dispositivo elevador. Utilice la regla para controlar cuánto se eleva el dispositivo elevador.
  - Pulse el botón ‘Grabar’ para grabar el valor de la fuerza a una profundidad de 0.005 m.
  - Incremente la profundidad de 5 en 5 mm. Después de cada incremento, espere a que se estabilice el valor de la fuerza, a continuación, haga clic en ‘Grabar’ para registrar el valor de la fuerza a esa profundidad.
  - Repita el procedimiento hasta que el cilindro esté totalmente sumergido. Haga clic en el botón ‘Parar’ para finalizar la recogida de datos. Serie#1 aparecerá en la lista de datos.
  - En el ScienceWorkshop, haga clic en el botón ‘Grabar’ para comenzar la recogida de datos.
    - Se abrirá la ventana “teclado de muestreo”. Mueva la ventana hasta que se vea también la información numérica. El valor predeterminado para ‘Entrada #1’ es 10.000.
    - Dado que el cilindro no está sumergido, escriba ‘0’ como valor de profundidad. Haga clic en ‘Enter’ para registrar los valores de profundidad y fuerza. La profundidad introducida aparecerá en la lista de datos.
  - Sumerja el cilindro 5 mm (o 0.005 m) elevando el recipiente con el dispositivo elevador 5 mm. Utilice la regla para controlar cuánto se eleva el dispositivo elevador.
  - En ‘Entrada #2’, escriba ‘0.005’. Haga clic en ‘Enter’ para registrar los valores de profundidad y fuerza.
  - Incremente la profundidad de inmersión de 5 en 5 mm. Después de cada incremento, espere a que se estabilice la lectura de la información numérica,





a continuación, haga clic en el botón ‘Enter’ para registrar el valor de la fuerza a cada profundidad.

- Repita el procedimiento de recogida de datos hasta que el cilindro esté totalmente sumergido. Haga clic en el botón ‘Parar muestreo’ en la ventana ‘Teclado de muestreo’ para finalizar la recogida de datos.
- Desaparecerá la ventana ‘Teclado de muestreo’. ‘Serie #1’ aparecerá en la lista de datos de la ventana de configuración del experimento.

## 6. Análisis de datos

1. Determine la pendiente de la curva de fuerza frente a profundidad (E vs. h). Anote la pendiente del ajuste lineal en la tabla de datos de la sección Informe de Laboratorio.
2. Calcule la densidad del agua igualando la pendiente con  $\rho Ag$  y despejando por  $\rho$ . Anote el valor de la densidad en la tabla de datos de la sección Informe de Laboratorio.
3. Compare el valor calculado con el valor normalmente aceptado calculando el porcentaje de diferencia.

## 7. Preguntas de control

1. ¿Por qué es necesario poner a cero el Sensor de fuerza antes de colgar el cilindro?
2. Compare el valor obtenido de la densidad del aceite con el calculado mediante el método masa/volumen. ¿Cuál es el porcentaje de diferencia?
3. ¿Es el aceite vegetal igual, menos o más denso que el agua?

## Conclusiones y observaciones

### Bibliografía

Puede consultar el tema en la siguiente bibliografía:

- M. Alonso, E.J. Finn: “**Física**”, Vol. 1, Fondo Educativo Interamericano.
- F.W. Sears, M.W. Zemansky, H.D. Young y R.A. Freedman: “**Física Universitaria**”, 12<sup>a</sup> Edición. Vol.1, Addison-Wesley-Longman/Pearson Education.
- Serway R (1997). **Física**, Vol. I 4<sup>a</sup> Edición. Editorial McGraw Hill Interamericana: México.
- Resnick, R. Halliday, D y Krane K. (2000). **Física** Vol. I, 4<sup>a</sup> Edición. Compañía Editorial continental. S.A: México.