Cuaderno de prácticas de

principios de termodinámica y electromagnetismo

Elizabeth
Aguirre Maldonado
Rigel
Gámez Leal
Gabriel Alejandro
Jaramillo Morales

FACULTAD DE INGENIERÍA

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

CUADERNO DE PRÁCTICAS DE PRINCIPIOS DE TERMODINÁMICA Y ELECTROMAGNETISMO

ELIZABETH AGUIRRE MALDONADO
RIGEL GÁMEZ LEAL
GABRIEL ALEJANDRO JARAMILLO MORALES

DIVISIÓN DE CIENCIAS BÁSICAS
DEPARTAMENTO DE FÍSICA GENERAL Y QUÍMICA

Práctica número 1

Introducción al manejo de datos experimentales

Objetivos

a) Determinar el rango, la resolución y la legibilidad de algunos instrumentos de medición.
b) Obtener la curva de calibración y su ecuación de un calibrador con vernier.
c) Determinar la sensibilidad y el error de calibración de dicho instrumento.
d) Calcular la exactitud y el error de exactitud del calibrador para cada valor patrón en el rango de experimentación.
e) Distinguir la diferencia entre las cantidades físicas denominadas masa y peso.

Equipo y materiales necesarios

1 termómetro de inmersión
1 calibrador metálico con vernier
1 calibrador de plástico con vernier
1 balanza de 0 a 310 [g] con vernier
1 amperímetro analógico
4 monedas de diferente denominación

Actividad 1

Analice los instrumentos de medición proporcionados y anote: marca, modelo y sus características estáticas: rango, resolución y legibilidad. Verificar la calibración de los mismos y, de ser necesario, hacer el ajuste mecánico para lograrlo. No olvide indicar las unidades donde sea necesario.

Instrumento	marca	modelo	rango	resolución	legibilidad
termómetro					
calibrador metálico					
calibrador de plástico					
balanza					
amperímetro					

Actividad 2

Con las monedas proporcionadas y el calibrador metálico mida el diámetro de cada una de ellas y anótelos en orden creciente en la primera columna de la tabla siguiente. Estos serán los valores de las longitudes patrones (L_P).

L_P [ ]	L_{L1} [ ]	L_{L2} [ ]	L_{L3} [ ]	L_{L4} [ ]	$\bar{L}_L$ [ ]

Actividad 3

Para poder caracterizar al calibrador con vernier de plástico, efectúe las mismas mediciones de la actividad anterior y complete la tabla anterior. Estos valores serán las longitudes leídas (L_L).

Actividad 4

Para cada valor patrón, determine el porcentaje de error de exactitud y el de exactitud.

L_P [ ]	% EE	% E

Actividad 5

Con ayuda de la balanza, mida la masa de cada una de las monedas. Después, determine el peso de cada una completando la tabla siguiente y considerando que la aceleración gravitatoria del lugar es 9.78 [m/s^2].

moneda	m [g]	m [kg]	W [N]
1			
2			
3			
4			

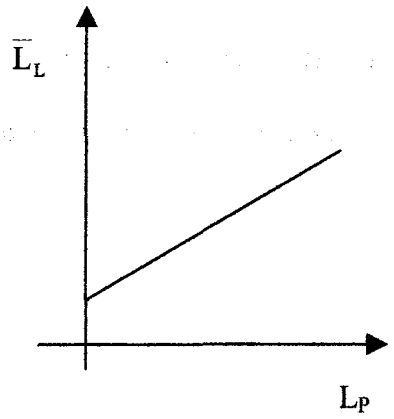
Expresiones matemáticas necesarias

$$\bar{x} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} x_i \qquad \% EE = \left|\frac{x_P - \bar{x}_L}{x_P}\right| \times 100 \qquad \% E = 100 - \%EE$$

Expresiones del método de mínimos cuadrados:

$$m = \frac{n\Sigma x_i y_i - (\Sigma x_i)(\Sigma y_i)}{n\Sigma x_i^2 - (\Sigma x_i)^2} \qquad b = \frac{(\Sigma y_i)(\Sigma x_i^2) - (\Sigma x_i y_i)(\Sigma x_i)}{n\Sigma x_i^2 - (\Sigma x_i)^2}$$

Modelo gráfico



Cuestionario

1. ¿Por qué a las características de la actividad 1 se les denomina estáticas?
2. Elabore el modelo gráfico de la curva de calibración del instrumento que caracterizó.
3. Con el método de mínimos cuadrados, obtenga la ecuación de la curva de calibración del instrumento de la pregunta anterior.
4. ¿Cuál es la sensibilidad del calibrador con vernier que se caracterizó? justifique su respuesta.
5. ¿Cuál es el error de calibración del calibrador con vernier? justifique su respuesta.
6. ¿Cuáles son las diferencias entre masa y peso?
7. Anote la expresión dimensional, en el SI, de las cantidades físicas de la pregunta anterior.
8. Calcule el peso de cada moneda pero exprese el resultado en [kg_f].
   Recuerde que 1 [kg_f] = 9.81 [N].

Práctica número 2

Propiedades de las sustancias

Objetivos

a) Identificar y medir, o determinar algunas de las propiedades de las sustancias en fase sólida o líquida.
b) Comprender que las propiedades de las sustancias pueden ser extensivas o intensivas y a partir de la experimentación, poder distinguirlas.
c) Verificar que el valor de una propiedad intensiva, de una muestra de material, no depende de la masa.
d) Distinguir, dentro de un conjunto de cantidades físicas, las que son de tipo escalar y aquellas que sean de carácter vectorial.

Equipo y materiales necesarios

muestras sólidas diferentes con formas geométricas regulares
muestras líquidas (en recipientes)
2 muestras de unicel de diferente tamaño
2 muestras de esponja de diferente tamaño
1 balanza de 0 a 310 [g] con vernier
1 calibrador de plástico con vernier

Actividad 1

Dibuje la forma geométrica de cada muestra, acotando las mediciones necesarias para la determinación de su volumen en cm^3 y efectúe el cálculo necesario a un lado del dibujo correspondiente.

Actividad 2

Con el empleo de la balanza, previamente calibrada, mida la masa de las muestras diferentes y anótelas en el cuadro siguiente en [g], posteriormente en la columna siguiente convierta las mediciones de masa a las unidades del Sistema Internacional de Unidades (SI); es decir, en [kg]. Registre también los volúmenes de cada muestra calculados en la actividad uno, en [cm^3], y finalmente tradúzcalos a [m^3].

sustancia	masa [g]	masa [kg]	volumen [cm^3]	volumen [m^3]

Factores de conversión:

1 [m] = 10 [dm] = 100 [cm] = 1 000 [mm],
1[m^2] = 100 [dm^2] = 10 000 [cm^2] = 10^6 [mm^2],
1 [m^3] = 1 000 [dm^3] = 1 000 000 [cm^3] = 1 000 000 000 [mm^3],
1[mℓ] = 1 [cm^3]

Actividad 3

Con los datos de masas y volúmenes obtenidos en la actividad 2, determinar las propiedades que se indican en la tabla siguiente. Considere que $\rho_{agua} = 10^3\left[\frac{kg}{m^3}\right]$ y $|\vec{g}| = 9.78\left[\frac{m}{s^2}\right]$

sustancia	$\lvert\vec{W}\rvert$ [N]	$\lvert\vec{\gamma}\rvert \left[\frac{N}{m^3}\right]$	$\rho \left[\frac{kg}{m^3}\right]$	$v \left[\frac{m^3}{kg}\right]$	δ [1]

Actividad 4

Realice las mediciones y los cálculos necesarios para dos muestras sólidas de diferente tamaño pero del mismo material. Complete el llenado de las tablas siguientes:

sustancia	m [kg]	volumen [m^3]	$\lvert\vec{W}\rvert$ [N]	$\rho \left[\frac{kg}{m^3}\right]$	$\lvert\vec{\gamma}\rvert \left[\frac{N}{m^3}\right]$	$v \left[\frac{m^3}{kg}\right]$	δ [1]
esponja							
esponja							

sustancia	m [kg]	volumen [m^3]	$\lvert\vec{W}\rvert$ [N]	$\rho \left[\frac{kg}{m^3}\right]$	$\lvert\vec{\gamma}\rvert \left[\frac{N}{m^3}\right]$	$v \left[\frac{m^3}{kg}\right]$	δ [1]
unicel							
unicel							

Realice las mediciones y los cálculos necesarios para una muestra líquida y complete el llenado de las tabla siguiente:

sustancia	m [kg]	volumen [m^3]	$\lvert\vec{W}\rvert$ [N]	$\rho \left[\frac{kg}{m^3}\right]$	$\lvert\vec{\gamma}\rvert \left[\frac{N}{m^3}\right]$	$v \left[\frac{m^3}{kg}\right]$	δ [1]
agua							
agua							

Expresiones matemáticas necesarias

$$\vec{W} = m\vec{g} \qquad \rho = \frac{\text{masa}}{\text{volumen}}\left[\frac{kg}{m^3}\right] \qquad v = \frac{\text{volumen}}{\text{masa}}\left[\frac{m^3}{kg}\right]$$

$$\vec{\gamma} = \frac{\vec{W}}{\text{volumen}}\left[\frac{N}{m^3}\right] \qquad v = \frac{1}{\rho} \qquad \delta = \frac{\rho}{\rho_{agua}}$$

Cuestionario

1. Liste cinco propiedades de las sustancias de tipo extensivo.
2. Anote las unidades y la expresión dimensional, en el SI, de cada una de las propiedades del punto anterior.
3. Liste cinco propiedades de tipo intensivo.
4. Escriba las unidades y la expresión dimensional, en el SI, de cada una de las propiedades del punto anterior.
5. Si se mezclan dos líquidos de densidades ρ_1 y ρ_2 respectivamente, ¿se puede afirmar que la densidad de la mezcla es $(\rho_1 + \rho_2)$? justifique su respuesta.

Práctica número 3

Presión

Objetivos

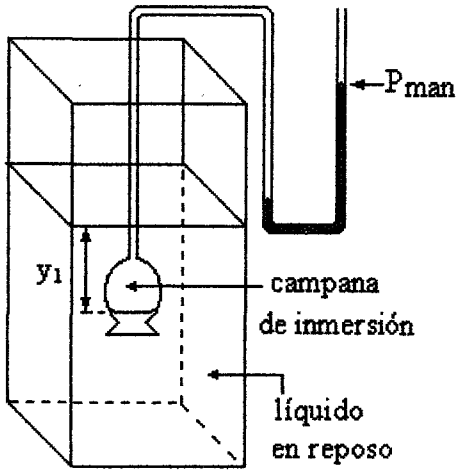
a) A partir de un manómetro diferencial determinar la relación de la presión manométrica "P_{man}" en función de la profundidad "y" de un fluido en reposo.
b) Determinar el modelo gráfico y el modelo matemático de la presión manométrica "P_{man}" en función de la profundidad "y" en un fluido homogéneo, en reposo.
c) A partir del modelo matemático anterior, deducir la densidad y el módulo del peso específico del fluido empleado.
d) Concluir respecto a la validez de la ecuación del gradiente de presión.
e) Construir un barómetro con mercurio, como el empleado por Evangelista Torricelli.
f) Medir la presión atmosférica local, a través del experimento de Torricelli.

Equipo y materiales necesarios

1 manómetro diferencial
1 recipiente de base cuadrada
1 flexómetro
1 tubo de vidrio de $\varnothing \geq 6$ [mm], $\ell > 60$ [cm], sellado en un extremo.
1 frasco con mercurio
1 cápsula de porcelana
1 jeringa
1 transportador de plástico
1 par de guantes quirúrgicos (proporcionado por los alumnos)

Actividad 1

Introduciendo el sensor del manómetro como lo indica el diagrama, mida la presión manométrica "P_{man}" para cada profundidad "y" indicada en la tabla siguiente; efectúe tres conjuntos de mediciones, procediendo en forma de zig-zag. Al medir se debe de tomar la lectura en la base del menisco del fluido del manómetro.

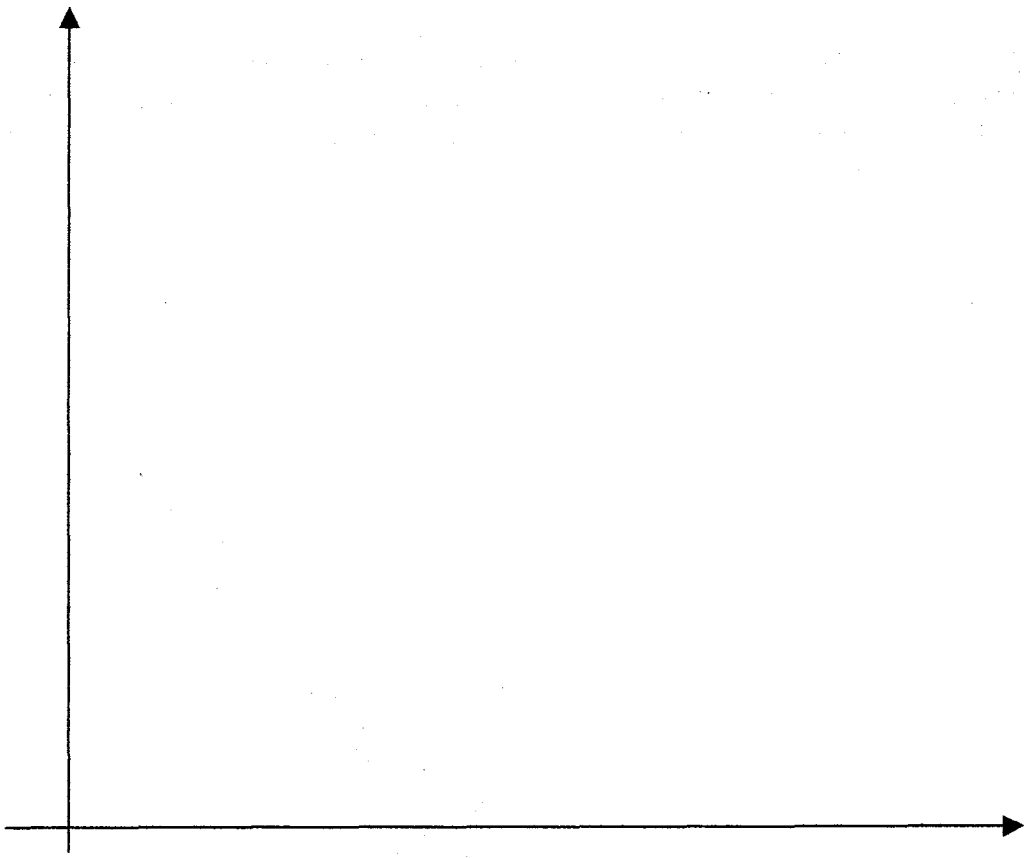


y [cm]	y [m]	P_{man1} [Pa]	P_{man2} [Pa]	P_{man3} [Pa]	$\overline{P}_{man}$ [Pa]
0					
3					
6					
9					
12					
15					

Actividad 2

Con la aplicación del método de "mínimos cuadrados", obtenga la ecuación $P_{man} = f(y)$ de la mejor recta que se aproxime a los puntos experimentales de la actividad anterior, no olvide indicar las unidades, en el SI, de cada término y realice la gráfica correspondiente.

modelo matemático: _____



Actividad 3

Con la aplicación de la ecuación del gradiente de presión y con el modelo matemático de la actividad 2, obtenga lo que se pide para el fluido empleado, sin olvidar las unidades en el SI. Considere que $\rho_{agua} = 10^3\left[\frac{kg}{m^3}\right]$ y $|\vec{g}| = 9.78\left[\frac{m}{s^2}\right]$

a) el módulo del peso específico γ

$|\bar{\gamma}| =$ _____

b) la densidad ρ

$\rho =$ _____

c) la densidad relativa

$\delta =$ _____

d) el volumen específico

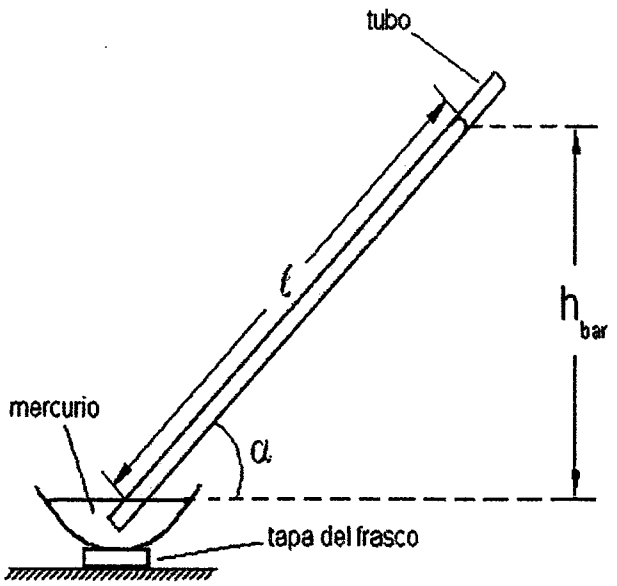
$v =$ _____

Actividad 4

Mida la longitud "ℓ" del mercurio en el tubo de vidrio para los valores del ángulo α indicados en la tabla, obsérvese que el ángulo α es el formado por la horizontal y el eje del tubo; determine para cada renglón el valor de la altura barométrica, h_{bar} y determine la altura barométrica más representativa de las mediciones efectuadas.

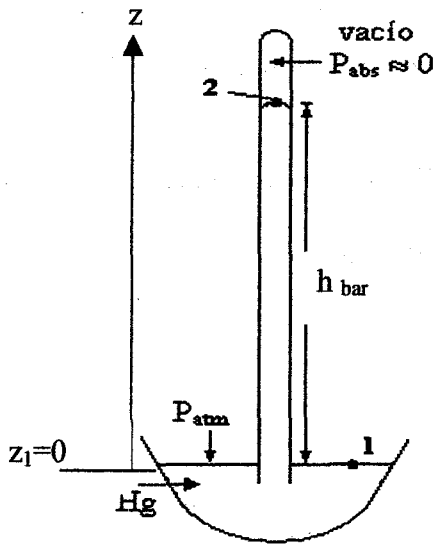
α [°]	ℓ [m]	h_{bar}. [m]
75		
80		
85		
90		

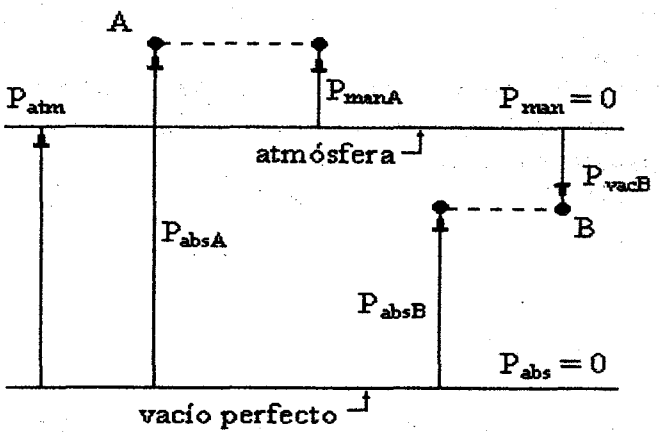
$\bar{h}_{bar}$ = _____ [m]



Actividad 5

Aplicando la ecuación que resulta del gradiente de presión aplicada entre los puntos 1 y 2, determine la presión atmosférica en el laboratorio.





$$P_1 - P_2 = - \rho_{Hg}\ g\ (z_1 - z_2)$$

Cuestionario

1. ¿Qué nombre recibe la cantidad física que relaciona la fuerza aplicada perpendicularmente sobre una superficie de un fluido? y ¿en qué unidades del SI se mide?
2. ¿Un manómetro siempre debe medir presiones mayores que la de la atmósfera? Justifique su respuesta.
3. ¿Un manómetro siempre debe medir presiones comparativamente con el entorno? Justifique su respuesta.
4. ¿En qué lugar del planeta, habitado por seres humanos, se tiene la mayor altura barométrica?
5. La altura barométrica ¿es función del ángulo que forman el tubo del barómetro y la horizontal? Justifique su respuesta.

Práctica número 4

Temperatura y calor

Objetivos

a) Obtener el modelo gráfico del calor suministrado (Q) en función de la temperatura (T) de una sustancia.
b) Obtener el modelo matemático de la gráfica del inciso anterior.
c) Determinar la capacidad térmica (C) y la capacidad térmica específica a presión constante (c_p) de la sustancia empleada.
d) Calcular el error de exactitud en la obtención de la capacidad térmica específica del agua, en su fase líquida.

Equipo y materiales necesarios

1 calorímetro con tapa, agitador y resistencia de inmersión
1 vaso de precipitados de 600 [mℓ]
150 [g] de agua líquida
1 balanza de 0 a 610 [g]
1 fuente de poder con amperímetro y voltímetro
2 cables de conexión largos
1 termómetro de inmersión de – 20 a 150 [°C]
1 cronómetro digital
1 jeringa de 10 [mℓ]

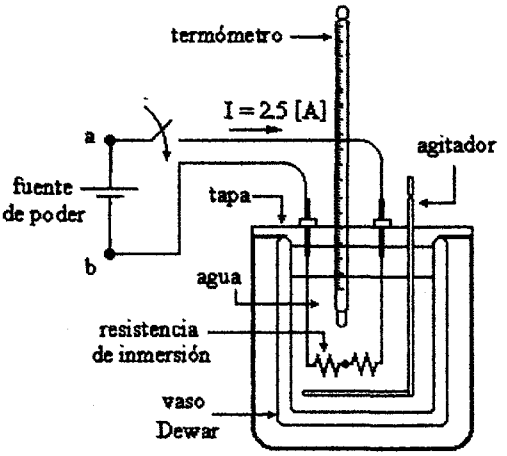
Actividad 1

Mida una masa de 150 [g] de agua en su fase líquida y mida su temperatura. Esta masa debe ser suficiente para cubrir totalmente la resistencia de inmersión, integrada a la tapa del calorímetro. Tenga mucho cuidado de no dar energía a la resistencia cuando esté fuera del líquido.

temperatura (T) del agua: _____ [°C]

Actividad 2

Arme el dispositivo experimental mostrado en el diagrama. Verifique que la resistencia de inmersión esté cubierta por el líquido. Una vez cerrado el circuito, sin dejar de agitar suavemente el contenido del calorímetro, espere a que la temperatura del agua sea de un par de grados [°C] por arriba de la que midió en la actividad anterior.

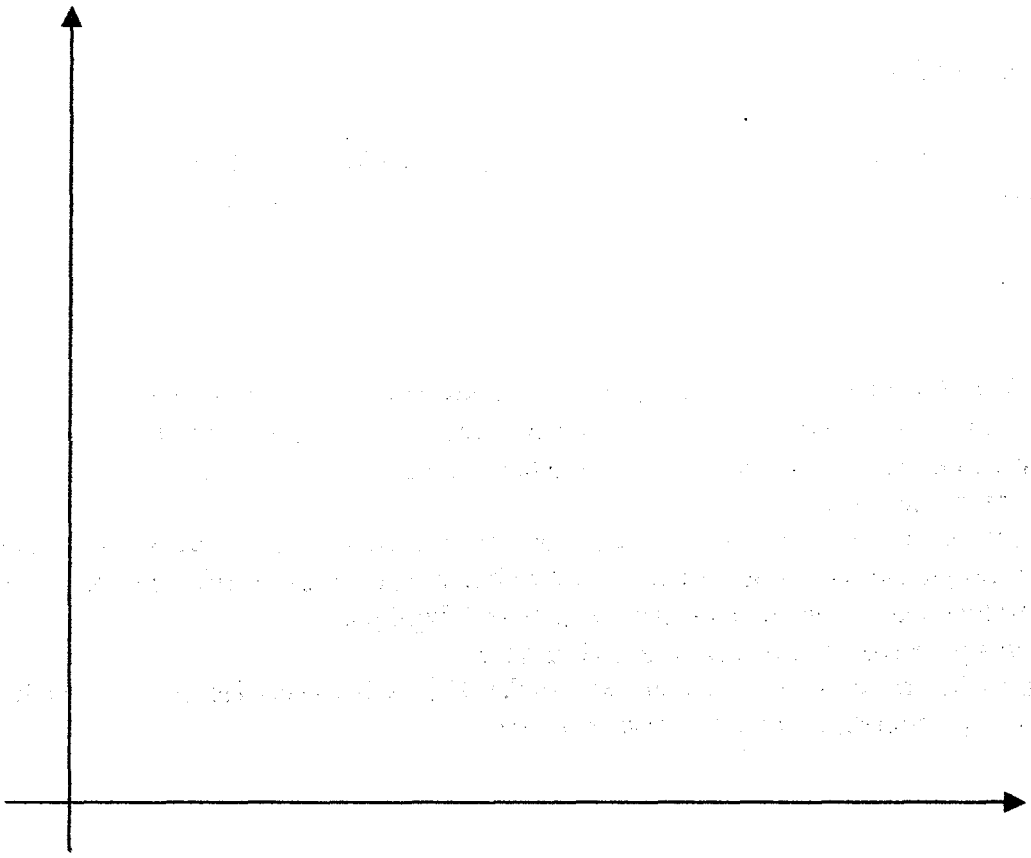


Considerando que esta última será la temperatura inicial de la sustancia y que a partir de este instante (t_0=0) se empieza a medir el tiempo, llene la tabla que a continuación se muestra. No deje de agitar el contenido y considere que el funcionamiento del cronómetro debe ser continuo así como el de la fuente de poder.

T [°C]	ΔT [°C]	Δt [s]	V_{ab} [V]	I [A]	Q [J]
	0	0		2.5	0
	2			2.5	
	4			2.5	
	6			2.5	
	8			2.5	
	10			2.5	

Actividad 3

Con base en la tabla anterior, dibuje el modelo gráfico del calor suministrado (Q), en [J], en función de la temperatura (T), en [°C], del agua. Con el método de mínimos cuadrados, determine también el modelo matemático de dicha función.



Modelo matemático: _____

Actividad 4

Apoyándose en el modelo matemático anterior, determine la capacidad térmica y la capacidad térmica específica a presión constante de la sustancia. No olvide las unidades correspondientes.

Capacidad térmica (C): _____

Capacidad térmica específica a presión constante (c_p): _____

Actividad 5

Calcule el porcentaje de exactitud en el valor de la capacidad térmica específica a presión constante del agua en su fase líquida. Considere que el valor patrón de esta propiedad es $c_p = 4\ 186$ [J/(kg·Δ°C)]

Expresiones matemáticas necesarias

$\{Q\} = P\,\Delta t \qquad P = V_{ab}\,I \qquad \{Q\}_{sensible} = m\,c_p\,\Delta T$

Método de mínimos cuadrados:

$$m = \frac{n\Sigma x_i y_i - (\Sigma x_i)(\Sigma y_i)}{n\Sigma x_i^2 - (\Sigma x_i)^2} \qquad b = \frac{(\Sigma y_i)(\Sigma x_i^2) - (\Sigma x_i y_i)(\Sigma x_i)}{n\Sigma x_i^2 - (\Sigma x_i)^2}$$

Cuestionario

1. Con base en la actividad 1, ¿cómo podría explicarse la ley cero de la termodinámica?
2. Exprese el resultado de la actividad 1 en la escala de temperatura absoluta del SI.
3. Haga la gráfica de calor suministrado (Q) en función de la temperatura de la sustancia (T) de manera que ambas variables estén en el SI.
4. Compare la gráfica del punto anterior con la que obtuvo en la actividad 3, ¿qué puede concluir?
5. Clasifique las propiedades de la actividad 4 en intensivas o extensivas. Justifique su respuesta.
6. ¿Es la temperatura una propiedad intensiva o extensiva? Explique.
7. ¿Es el calor una propiedad de las sustancias? ¿Por qué?
8. Elabore una tabla donde se indiquen las cantidades físicas involucradas en esta práctica, sus unidades y su expresión dimensional (ambas en el SI).

Práctica número 5

La primera ley de la termodinámica para sistemas cerrados

Objetivos

a) Identificar y clasificar un sistema termodinámico.
b) Determinar en forma experimental la capacidad térmica específica de un material mediante la aplicación de las leyes cero y primera de la termodinámica para sistemas cerrados.
c) Distinguir la diferencia entre calor sensible y calor latente.
d) Determinar el calor latente de fusión del agua y compararlo con el valor teórico.
e) Obtener experimentalmente la temperatura de ebullición de una sustancia y comprobar que, a presión constante, la temperatura de la sustancia permanece constante durante el cambio de fase.

Equipo y materiales necesarios

1 calorímetro de unicel con tapa
1 balanza de 0 a 610 [g]
1 vaso de precipitados de 600 [mℓ]
1 vaso de precipitados de 50 [mℓ]
1 parrilla eléctrica
1 muestra de un material sólido (monedas)
1 jeringa de 10 [mℓ]
agua líquida
1 termómetro de inmersión
1 cubo de hielo de aprox. 50 [g] (proporcionado por los alumnos)
1 par de toallas de papel absorbentes (proporcionado por los alumnos)

Actividad 1

Mida la masa del material disponible y determine su temperatura inicial. Para esto puede sumergir las monedas en un vaso de precipitados con agua y un minuto después medir la temperatura, ésta será la temperatura inicial del metal. Elimine el agua, seque perfectamente la muestra de metal y deposítela en el calorímetro con mucho cuidado.

Masa de las monedas _____ [kg] $T_{inicial\ m}$ = _____ [°C]

Actividad 2

Mida una masa de 80 [g] de agua líquida y con la ayuda de la parrilla eleve su temperatura hasta alcanzar 40 [°C], ésta será la temperatura inicial del agua. Retire inmediatamente de la parrilla, vierta esta agua al calorímetro y tápelo. Mida la temperatura de equilibrio (T_{eq}) de la mezcla aproximadamente un minuto después de haberla hecho y registre ese dato.

T_{eq} = _____ [°C]

Actividad 3

Con base en la actividad anterior y en la primera ley de la termodinámica, determine la capacidad térmica específica del material empleado. Considere que $c_{agua\ líquida}$ = 4 186 [J/(kg·Δ°C)].

Capacidad térmica específica del material: _____ [J/(kg·Δ°C)].

Actividad 4

Mida la masa del hielo y registre su valor.

Hielo: _____ [kg]

Actividad 5

Tome el hielo y mézclelo con una masa de agua líquida tomada directamente de la llave, que sea igual a la masa del hielo en el calorímetro. Una vez que lo tape, espere a que ocurra el equilibrio térmico y mida la temperatura inicial de la mezcla.

Masa $_{hielo\ con\ agua}$ = _____ [kg] Temperatura inicial $_{hielo\ con\ agua}$ = _____ [°C]

Actividad 6

Anote el error sistemático que presentó el termómetro en la actividad anterior.

error sistemático: _____ [°C]

Actividad 7

Con ayuda de la parrilla, caliente una masa de agua líquida, que sea cinco veces la del hielo, a 30 [°C]. Agregue esta agua al calorímetro, tápelo y mida ahora la temperatura de equilibrio.

Temperatura de equilibrio: _____ [°C]

Con base en la primera ley de la termodinámica para sistemas cerrados y el error sistemático determinado en la actividad 6, determine el calor latente de fusión del agua.
Considere que $c_{agua\ líquida}$ = 4 186 [J/(kg·Δ°C)].

$\lambda_{fusión}$ = _____ [J/kg]

Actividad 8

Vierta la mezcla a un vaso de precipitados y caliéntela con la parrilla hasta su temperatura de ebullición. Registre la temperatura de ebullición del agua, en el D. F.:

$T_{ebullición}$ = _____ [°C]

Expresiones matemáticas necesarias

$\{Q\} + \{W\} = \Delta U$

$\{Q\}_{sensible} = m\ c\ \Delta T$

$\{Q\}_{latente} = m_{\text{que cambia de fase}}\ \lambda$

Cuestionario

1. Considerando que el sistema termodinámico es el contenido del calorímetro, identifique el tipo de sistema en los dos experimentos. Justifique su respuesta.
2. Investigue el valor teórico de los calores latentes (entalpias de transformación) de fusión y de ebullición para el agua.
3. Con base en la pregunta anterior, determine el porcentaje de error de exactitud para el resultado de la actividad 7.
4. Dibuje la curva de calentamiento para el agua, a una presión como la del D. F., indicando las temperaturas de fusión y de ebullición.
5. Escriba la expresión dimensional, en el SI, de las cantidades físicas referidas en el punto 2 de este cuestionario.

Práctica número 6

El aire como gas ideal

Objetivos

a) Calcular la presión absoluta en una masa de aire comprimido con el empleo de la ecuación resultante del gradiente de presión.
b) Determinar el volumen que ocupa una masa de aire comprimido en un tubo cilíndrico.
c) Establecer la relación que existe entre la presión absoluta de una masa de aire y el volumen que ocupa, manteniendo su temperatura constante.
d) Concluir respecto a la aplicación de la ley de Boyle al aire atmosférico y un supuesto comportamiento como gas ideal.
e) Calcular algunas de las propiedades, tanto intensivas como extensivas, del aire tales como la masa m, la densidad ρ, el peso específico γ, la densidad relativa δ, el volumen específico v y la temperatura absoluta T.
f) Calcular el trabajo realizado sobre el gas ideal al comprimirlo desde su volumen inicial hasta el final, en un proceso isotérmico.

Equipo y materiales necesarios

1 termómetro
1 flexómetro
1 calibrador con vernier
1 base
1 varilla de 1.5 [m]
1 tornillo de sujeción
2 [m] de manguera transparente $6 < Ø < 10$ [mm]
1 clip de presión
1 frasco con 0.5 [kg] de mercurio
1 jeringa de plástico
1 par de guantes quirúrgicos (proporcionado por los alumnos)

Actividad 1

Registre los valores de las propiedades siguientes, en relación con la atmósfera y las condiciones del entorno. Considere que $P_{D.F.} = 58$ [cm de Hg].

a) Temperatura empírica θ = _____ [°C] y T_{abs} = _____ [K]

b) P_{man} = _____ [Pa] y P_{abs} = _____ [Pa]

Recuerde que en el barómetro: $P_{ambiente} = \rho_{Hg} \, |\vec{g}| \, h_{bar}$, en la cual sabemos que $\rho_{Hg} \approx 13\,600 \left[\frac{kg}{m^3}\right]$ y $g_{D.F.} = 9.78 \left[\frac{m}{s^2}\right]$.

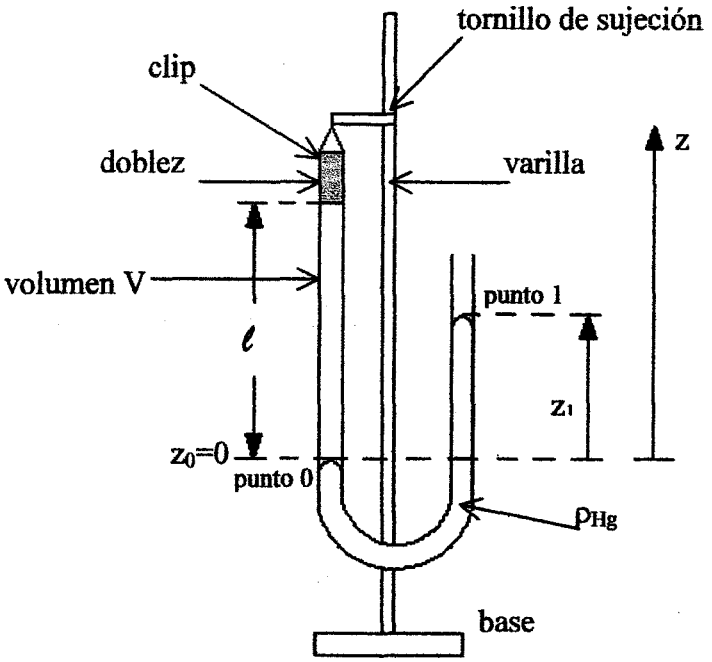
Actividad 2

Determine el área en [cm^2]de la sección transversal de la manguera de plástico proporcionada.

diámetro = _____ [cm] y área A = _____ [cm^2]

Actividad 3

Selle un extremo de la manguera de plástico, por medio de un doblez doble de 1 [cm], aproximadamente, y coloque sobre éste el clip de presión disponible.
Coloque en un punto alto el extremo sellado de la manguera y trate de que el aire que quede confinado en la manguera sea el máximo posible; vierta todo el mercurio proporcionado y forme una U con la manguera, como lo muestra la figura siguiente:



Actividad 4

Desplace en forma ascendente el extremo abierto de la manguera para reducir la longitud "ℓ" [cm] en la misma, como consecuencia de la compresión del aire en su interior. Registre para cada valor de "ℓ", el de z_1, se sugiere que $z_0 = 0$ en cada medición; repita esta operación y concentre las mediciones en la tabla siguiente. Tenga cuidado en que la primera lectura de z_1 sea cero y se sugiere que ℓ vaya reduciéndose de centímetro en centímetro.

ℓ [cm]	V [cm^3]	z_1 [cm]	z_1 [m]	V [10^{-6} m^3]	$(P_0)_{abs}$ [Pa]	$(P_0)_{abs}$ V[ ]
		0	0			

Actividad 5

Complete el llenado de la tabla anterior y obtenga el valor más representativo de la séptima columna.

$(P_0)_{abs} \cdot V =$ _____ [ ]

Expresiones matemáticas necesarias

$A = \frac{\pi d^2}{4}$ $\qquad V = A\ell$ $\qquad (P_o)_{abs} - (P_1)_{abs} = -\rho g\,(z_o - z_1)$ $\qquad \{{}_AW_B\} = -\int_A^B PdV$

Cuestionario

1. Dibuje la gráfica de la presión absoluta $(P_0)_{abs}$ en función del volumen (V) del aire en la manguera. Considere las variables involucradas en el SI.
2. Proponga una ecuación para la curva resultante y escriba el nombre de la ley de los gases que le corresponde.
3. Considere que para el aire se tiene que la capacidad térmica específica a presión constante es
   $c_p = 1\ 004\ [J/(kg \cdot \Delta K)]$
   y la capacidad térmica específica a volumen constante es
   $c_v = 717 [J/(kg \cdot \Delta K)]$.
   Calcule el índice adiabático del aire y el valor de su constante particular. No olvide indicar sus unidades en el SI.
4. Suponga un comportamiento de gas ideal para el aire y por ende regido por la ecuación de estado:
   $P_{abs}\ V = m\ R\ T_{abs}$
   en la cual "m" indica la masa de aire contenida en la manguera. Calcule el valor de la masa del aire en unidades del SI.
5. Calcule la densidad máxima del aire lograda en la compresión, así como la densidad promedio de la atmósfera en el laboratorio.
6. Identifique el tipo de proceso realizado con el aire y calcule el trabajo desarrollado sobre éste, considerándolo como una sustancia simple compresible.
7. Elabore la gráfica de la presión absoluta $(P_0)_{abs}$ en función del volumen específico (v) del aire en la manguera y compárela con la obtenida en la pregunta 1 de este cuestionario.

Práctica número 7

Balance de energía en sistemas termodinámicos abiertos.

Objetivos :

a) Identificar de forma objetiva los términos que intervienen en la ecuación de la primera ley para sistemas abiertos.
b) Identificar en un dispositivo experimental cada uno de los términos de la primera ley de la Termodinámica para sistemas abiertos.
c) Realizar el balance de energía, en el dispositivo experimental, que nos permita cuantificar el flujo de masa en el sistema.
d) Comparar el flujo de masa calculado con el que se mide experimentalmente.
e) Explicar las razones de las diferencias entre los valores de los incisos anteriores.

Equipo y materiales necesarios

2 termómetros de inmersión
4 cables largos de conexión (2 de color rojo y 2 de color negro)
1 calorímetro de flujo continuo
1 base
1 varilla de 1 [m]
1 tornillo de sujeción con gancho
1 fuente de poder de 0 a 40 [V]
1 cronómetro
1 recipiente de 15 [ℓ]
1 recipiente graduado de 2 [ℓ]
1 destornillador plano
1 flexómetro

Actividad 1

Instale el calorímetro de flujo continuo a la toma de agua de la tarja de la mesa. Al llenar con agua aproximadamente el 80% del aparato, elimine el aire que quedó atrapado al principio del tubo, y al lograrlo, apriete la abrazadera que une el aparato a la toma de agua.

Actividad 2

Abra muy poco la llave para establecer un flujo estable de agua y recupere el líquido en un recipiente grande. Observe las lecturas de los termómetros en los puntos 1 y 2, registre, dicho valor en la escala de Celsius.

$T_1 = T_2 =$ _____ [ ]

Actividad 3

Energice el calorímetro en el instante $t_0 = 0$ [s], con la diferencia de potencial nominal máxima de la fuente de poder (V_{12}) y mida tanto este valor como la corriente eléctrica en el calorímetro. A partir de este instante, recolecte el agua que pasa por el calorímetro para determinar el volumen que se acumulará.

V_{12} = _____ [V] e i = _____ [A]

Tome como $t_0 = 0$ [s], el instante de cierre del circuito; se sugiere una duración de dos minutos para el experimento, al cabo de este lapso, abra el circuito y cierre la llave de alimentación.

Actividad 4

Calcule la potencia eléctrica suministrada por la fuente:

$P_{elec} = V_{12}\, i$; P_{elec} = _____ [ ]

Actividad 5

Registre los datos y valores de las propiedades del agua (nuestro sistema) que permitan calcular el flujo de masa en el calorímetro.

T_1 = _____ [ ] y T_2 = _____ [ ]

z_1 = _____ [ ] y z_2 = _____ [ ]

¿Qué otros datos se requieren?

_____ _____

Actividad 6

Mida el volumen de agua acumulado en el recipiente.

V = _____ [cm^3] = _____ [m^3]

Cuestionario

1. Si la ecuación de la primera ley de la termodinámica para un proceso, en un sistema abierto, como el realizado en esta práctica se puede escribir como:

$$m_e\left(g\,z_e + \frac{|\vec{v}|_e^2}{2} + u_e\right) - m_s\left(g\,z_s + \frac{|\vec{v}|_s^2}{2} + u_s\right) + \{Q\} + \{W\}_{eje} + \{W\}_{exp} + \{W\}_{flujo} = (\Delta E)_{sistema\ abierto}\ ;$$

   donde: $\{W\}_{flujo} = m_e\,(P_e v_e) - m_s\,(P_s v_s)$,
   escriba la ecuación resultante al considerar que el proceso se realizó con flujo estable (permanente) y estado estable.
2. ¿Cuál(es) de las tres afirmaciones siguientes es (son) razonable(s) considerar en este caso?
   $\{W\}_{exp} = 0$, $\{W\}_{eje} = 0$, $\{W\}_{flujo} = 0$; explique.
   ¿Cómo queda la ecuación de la primera ley de la termodinámica con estas consideraciones?
3. Aplicando el principio de continuidad, ¿cómo considera el módulo de la velocidad del agua a la salida con respecto al módulo de la velocidad del agua a la entrada?
4. ¿Es válido cuantificar la variación de la entalpia específica Δh, como $\Delta h = c_p\,\Delta T$? Explique.
5. Calcule el flujo de masa que nos resulta con la primera ley de la termodinámica.
6. Determine el flujo de masa $\dot{m}_{exp}$ obtenido experimentalmente y compárelo con el obtenido en la pregunta anterior.

Práctica número 8

Ciclo de refrigeración por la compresión de un vapor

Objetivos

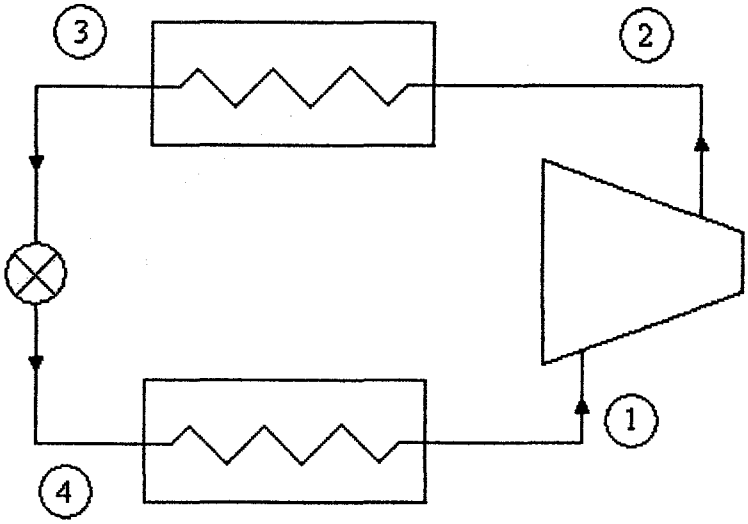
a) Identificar las partes básicas que componen el ciclo básico de refrigeración por compresión de vapor.
b) Identificar y cuantificar los flujos energéticos en el ciclo mencionado en el punto anterior.
c) Determinar el coeficiente de operación de un refrigerador.
d) Conocer, a partir del análisis de un ciclo de refrigeración, algunas limitantes que establece la segunda ley de la termodinámica.

Equipo y materiales necesarios

2 termómetros de inmersión
1 bomba de calor PT (refrigerador)
8 [ℓ] de agua
1 cronómetro
1 agitador de plástico

Actividad 1

En el siguiente diagrama, identifique las partes básicas que componen un ciclo de refrigeración por compresión de vapor. Señale también los flujos energéticos asociados.



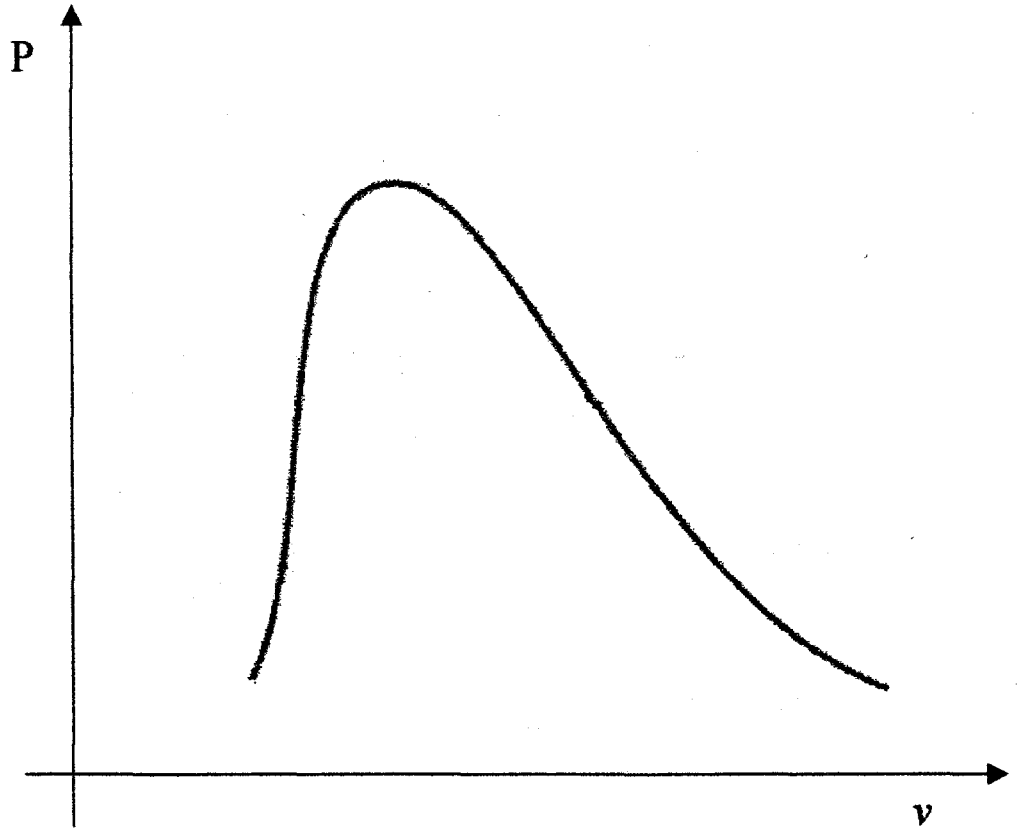
Actividad 2

Dibuje una representación física de la bomba de calor PT que se le proporcionó, indicando las partes básicas del ciclo de acuerdo con la actividad anterior. Identifique la sustancia activa (refrigerante) que emplea el equipo.

sustancia activa: _____

Actividad 3

En la siguiente figura, que representa una gráfica de la presión (P) en función del volumen específico (v) para una sustancia, dibuje cómo se representarían los procesos asociados al ciclo de la actividad anterior. No olvide indicar los cuatro estados que se muestran en la figura de la actividad 1.



Actividad 4

Establezca las características estáticas de los medidores instalados en el dispositivo. Observe con detenimiento las dos escalas que presenta el instrumento y no olvide anotar las unidades correspondientes.

Medidor de carátula de la izquierda

Rango		
Resolución		
Legibilidad		

Medidor de carátula de la derecha

Rango		
Resolución		
Legibilidad		

Actividad 5

En cada recipiente del equipo proporcionado coloque 4 litros de agua. Mida la temperatura de cada cantidad de agua. Ésta será la temperatura inicial.

i) En el evaporador: $T_{inicial}$ = _____ [°C] = _____ [K]

ii) En el condensador: $T_{inicial}$ = _____ [°C] = _____ [K]

Actividad 6

Ponga a funcionar el dispositivo durante 10 minutos. Mida las temperaturas finales del agua en los recipientes, no olvide homogeneizar el agua con el agitador antes de tomar las lecturas. Por otra parte, mida las presiones (alta y baja) del refrigerante, así como las temperaturas de saturación correspondientes, con ayuda de los medidores instalados en el dispositivo. Con base en los resultados obtenidos, cuantifique los flujos energéticos asociados al evaporador y al condensador. Considere que para el agua en su fase líquida $c_{p.}$ = 4 186 [J/(kg·ΔK)].

- Para el agua:

i) En el evaporador: T_{final} = _____ [°C] = _____ [K]

ii) En el condensador: T_{final} = _____ [°C] = _____ [K]

- Para el refrigerante:

i) P_{baja} = _____ [bar] = _____ [Pa]; T_{sat} = _____ [°C]

ii) P_{alta} = _____ [bar] = _____ [Pa] ; T_{sat} = _____ [°C]

$\{Q\}_{evaporador}$ = _____ [ ]

$\{Q\}_{condensador}$ = _____ [ ]

Actividad 7

De acuerdo con la primera ley de la termodinámica para un ciclo, determine el trabajo y la potencia en el compresor.

$\{W\}_{compresor}$ = _____ [ ]

$\{\dot{W}\}_{compresor}$ = _____ [ ]

Actividad 8

Determine el coeficiente de operación del dispositivo. No olvide anotar sus unidades.

coeficiente de operación = β = _____

Expresiones matemáticas necesarias

$$\{Q\} = m\, c_p\, \Delta T \qquad \{\dot{W}\} = \frac{\{W\}}{\Delta t} \qquad \beta = \frac{\text{lo que se desea}}{\text{lo que hay que aportar}}$$

Cuestionario

1. Investigue las propiedades físicas y químicas principales de la sustancia de trabajo (refrigerante) del dispositivo.
2. ¿En qué condición física la presión del sistema determina el valor de la temperatura?
3. ¿Por qué razón en el dispositivo, las escalas de presión y temperatura de los medidores no se presentan en forma independiente?
4. Elabore una gráfica como la de la actividad 3, indicando el mayor número de propiedades que determinó en esta práctica para los cuatro estados principales del ciclo de refrigeración.
5. Identifique los depósitos térmicos asociados al ciclo en el dispositivo empleado.
6. Haga un esquema de un refrigerador doméstico identificando los depósitos térmicos del punto anterior.
7. Con base en las actividades realizadas en la práctica, ¿cómo podría verificarse el postulado de Clausius?

Práctica número 9

Carga y corriente eléctricas

Objetivos

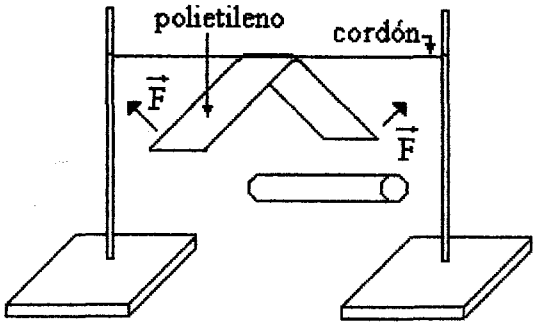
a) Formarse el concepto de carga eléctrica, a partir de experimentos.
b) Conocer el principio de funcionamiento de un electroscopio.
c) Descubrir e identificar los tipos de carga eléctrica que existen, a partir de la convención de Benjamín Franklin.
d) Obtener el modelo gráfico del modelo matemático de la diferencia de potencial V_{ab} entre los extremos de un resistor en función de la corriente eléctrica que circula por él.
e) Obtener el modelo matemático de la gráfica del inciso anterior.
f) A partir de la ecuación que representa la ley de Ohm, identificar el significado físico de la pendiente del modelo gráfico obtenido.

Equipo y materiales necesarios

2 bases
2 varillas de 1 [m]
1 tira de polietileno de 50 [cm] por 3 [cm] aproximadamente
1 cordón de 2 [m] aproximadamente
barras cilíndricas de vidrio, ebonita, acrílico, PVC y nylon
frotadores: piel de conejo, seda y franela
1 fuente de poder de 0 a 40 [V]
1 voltímetro analógico de 0 a 50 [V]
1 resistor de 220 [Ω]
4 cables de conexión

Actividad 1

Arme un electroscopio (dispositivo que permite detectar la presencia de carga eléctrica) como se muestra en la figura y con ayuda de la convención de Benjamín Franklin identifique el tipo de exceso de carga que adquiere la tira de polietileno, después de ser frotada con franela.



Tipo de carga de la tira de polietileno:

_____

Actividad 2

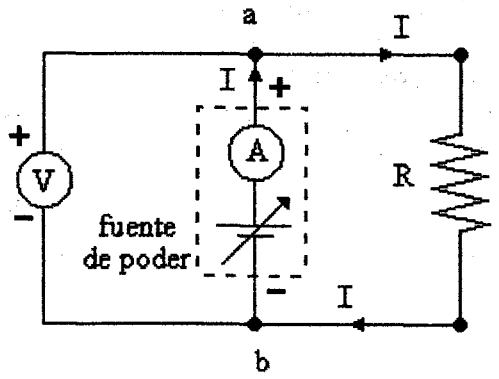
Utilizando el electroscopio y apoyándose en la actividad anterior, frote cada barra con cada uno de los materiales disponibles, acerque la barra con carga eléctrica a los extremos de la tira de polietileno y sin tocarla, concluya el signo de la carga de ésta; registre los resultados en la tabla siguiente:

barra / frotador	acrílico	ebonita	PVC	vidrio	nylon
franela					
piel		–			
seda				+	

Actividad 3

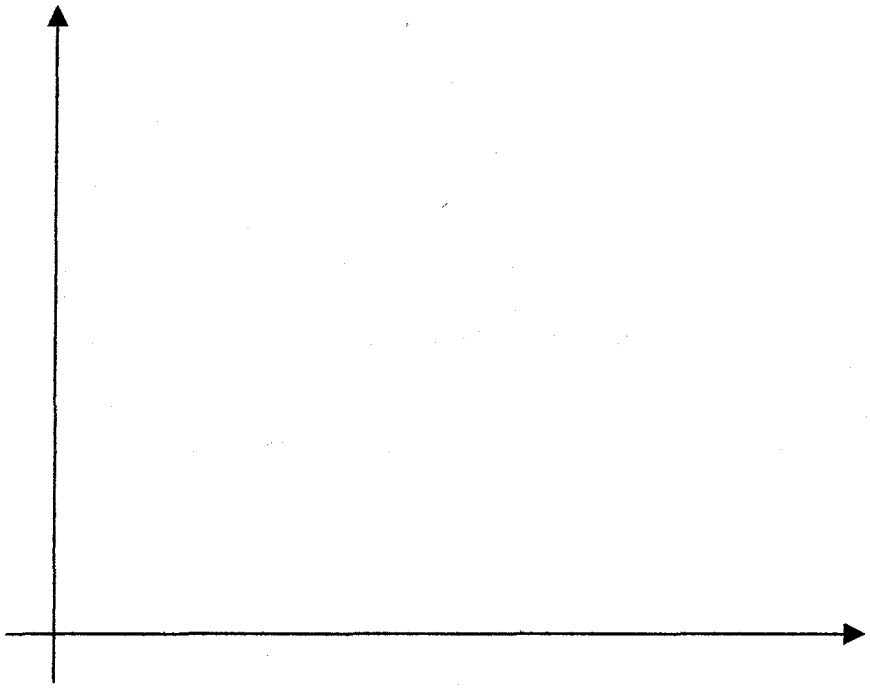
Arme un circuito eléctrico como el mostrado en el diagrama eléctrico, considerando que el resistor no tiene polaridad. Con el voltímetro analógico mida la diferencia de potencial que existe entre los puntos a y b, correspondientes a los valores de corriente eléctrica que mide el amperímetro analógico integrado en la fuente de poder y llene la tabla de datos.

I [A]	V_{ab1} [V]	V_{ab2} [V]	V_{ab3} [V]	$\overline{V}_{ab}$ [V]
0.02				
0.04				
0.06				
0.08				
0.10				
0.12				



Actividad 4

Con base en los datos de la tabla anterior y con ayuda de un par de escuadras, trace la gráfica que relaciona a la diferencia de potencial V_{ab} en función de la corriente eléctrica I. No olvide acotar los ejes con sus unidades correspondientes.



Actividad 5

Con el método de mínimos cuadrados, obtenga el modelo matemático que representa la gráfica anterior. No olvide las unidades, en el SI, de cada término.

Modelo matemático: _____

Actividad 6

Registre los valores nominales de resistencia y potencia máxima, y las incertidumbres proporcionados por el fabricante.

Expresiones matemáticas necesarias

$$i = \frac{dq}{dt}\left[\frac{C}{s}\right], \qquad V_{ab} = \frac{{}_bW_a}{q}\left[\frac{J}{C}\right] \qquad V_{ab} = R\,I$$

Expresiones del método de mínimos cuadrados:

$$m = \frac{n\Sigma x_i y_i - (\Sigma x_i)(\Sigma y_i)}{n\Sigma x_i^2 - (\Sigma x_i)^2} \qquad b = \frac{(\Sigma y_i)(\Sigma x_i^2) - (\Sigma x_i y_i)(\Sigma x_i)}{n\Sigma x_i^2 - (\Sigma x_i)^2}$$

Cuestionario

1. Con base en la Ley de Ohm, deduzca el significado físico de la pendiente de la gráfica correspondiente al modelo matemático de la actividad 5. Justifique su respuesta.
2. Obtenga la expresión dimensional, en el SI, para cada término de la ecuación obtenida en la actividad 5.
3. Calcule el porcentaje de exactitud para el valor del resistor utilizado, tomando como valor patrón el que registró en la actividad 6.
4. Verifique si el valor del resistor obtenido experimentalmente está contenido en el intervalo que se define con la información de la actividad 6.
5. En cada renglón de la tabla de la actividad 3, calcule, con la ley de Joule, la potencia disipada por el resistor. Verifique si alguno de estos valores excede la potencia máxima que registró en la actividad 6.

Práctica número 10

Campo magnético

Objetivos

a) Detectar la presencia de campo magnético $\vec{B}$ e identificar los polos magnéticos de un imán.
b) Expresar en un enunciado las interacciones entre dos polos magnéticos de iguales y diferentes nombres.
c) Validar experimentalmente la ley de la fuerza magnética que actúa sobre una carga móvil .
d) Validar experimentalmente la ley de la fuerza magnética que actúa sobre un conductor con corriente dentro de un campo magnético.
e) Medir el campo magnético producido por una corriente eléctrica en un solenoide, en uno de sus extremos.
f) Detectar la influencia de los materiales en los fenómenos magnéticos.

Equipo y materiales necesarios

1 caja con limadura de hierro
1 brújula
2 imanes de barra [extremadamente frágiles]
1 imán de herradura [extremadamente frágil]
1 fuente de alimentación de 0 a 10 [V]
1 base
1 varilla de 70 [cm]
1 soporte de conductor
2 cables largos
1 conductor en forma de U
1 bobina de inducción con accesorios
3 núcleos: uno de aluminio, uno de hierro y otro de cobre
1 teslámetro con punta axial
0.5 [m] de hilo de cáñamo
1 flexómetro

Para uso del profesor

1 osciloscopio

Actividad 1

Con ayuda de la brújula y con sus nociones sobre orientación geográfica., identifique los cuatro puntos cardinales en el laboratorio.

Actividad 2

Suspenda cada uno de los imanes de barra, atados en su parte media con el hilo de cáñamo y dejándolo girar, identifique como polo norte N al extremo del imán que apunte al norte geográfico y similarmente identifique el polo sur S. Recuerde la fragilidad de las barras magnéticas; no las golpee, ni las deje caer.

Actividad 3

Con las recomendaciones anteriores, analice las fuerzas de interacción entre los polos de igual nombre y entre los polos de nombre diferente, enuncie sus resultados:

_____

_____

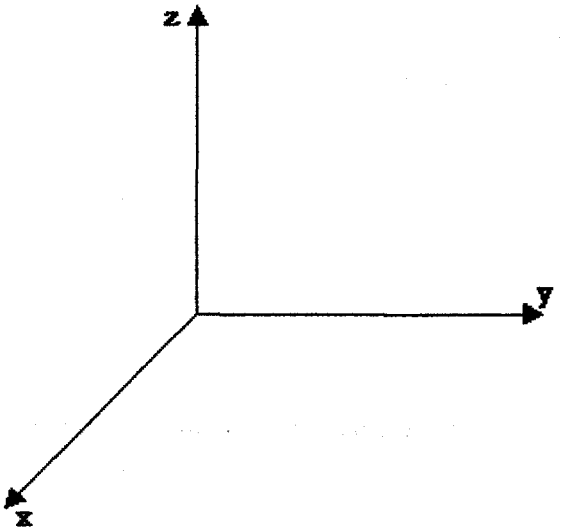
_____

_____

Actividad 4

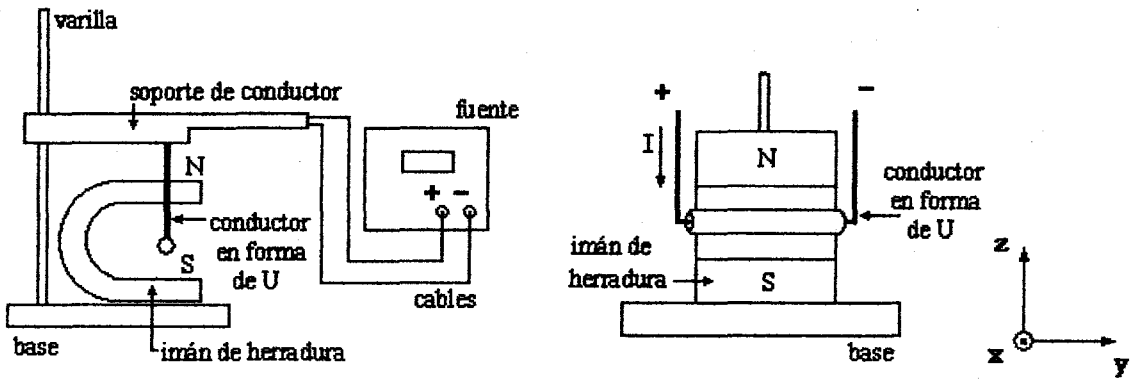
Con el empleo del osciloscopio, haga incidir el haz electrónico en el centro de la pantalla, cancelando el barrido horizontal de la base de tiempo. Acerque lo más posible un polo del imán y observe la desviación del haz electrónico; deduzca la dirección de la fuerza magnética sobre el electrón la fuerza que desvía al haz electrónico.

Indique en el sistema de referencia siguiente las direcciones de: el campo magnético aplicado $\vec{B}$, la velocidad de los electrones $\vec{v}$ y la de la fuerza magnética $\vec{F}$.



Actividad 5

Arme el dispositivo experimental indicado en la figura siguiente y haga circular una corriente constante I = 4 [A], si esto es posible, detecte si existe interacción alguna entre el conductor y el imán de herradura, cuyos polos deben identificarse de antemano.



Invierta la polaridad de los cables de alimentación en la fuente y observe la interacción entre el conductor y el campo magnético $\vec{B}$ del imán.

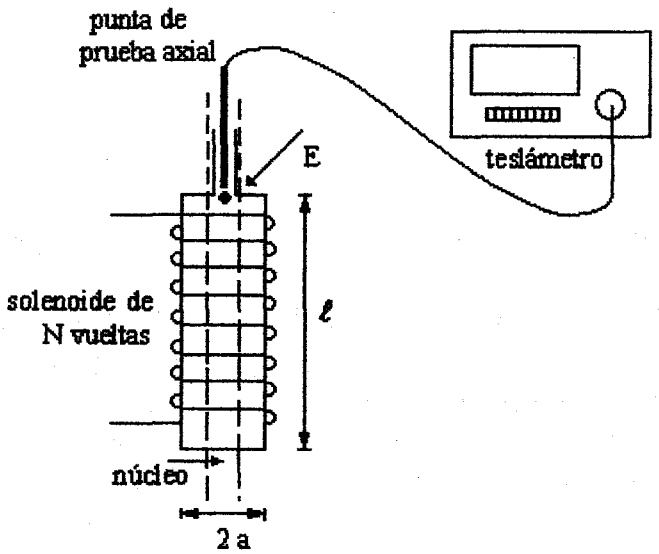
Actividad 6

Calibre el teslámetro, con la punta de prueba axial. Varíe la corriente en la fuente, registre la lectura en el punto E (extremo) del solenoide con núcleo de aire y registre los resultados en la tabla siguiente. Mida y anote el valor de la longitud (ℓ) del solenoide.

I [A]	B_E [mT]
1	
2	
3	
4	

donde $B_E = |\vec{B}_E|$

$\ell =$ _____ [ ]



Actividad 7

Mida la magnitud del campo magnético $|\vec{B}_E|$ con la corriente máxima empleada, pero ahora con los núcleos de otros materiales:

i) con aluminio (material paramagnético) $|\vec{B}_E|_p =$ _____ [ ]

ii) con cobre (material diamagnético) $|\vec{B}_E|_d =$ _____ [ ]

iii) con hierro (material ferromagnético) $|\vec{B}_E|_f =$ _____ [ ]

Expresiones matemáticas necesarias

$\vec{F} = q\vec{v} \times \vec{B}$.

En el extremo de un solenoide: $|\vec{B}| = \dfrac{\mu_0 N I}{2\ell}$,

donde $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7}\left[\dfrac{Wb}{A \cdot m}\right]$ = permitividad magnética del vacío $\approx \mu_{aire}$.

Expresiones del método de mínimos cuadrados:

$$m = \frac{n\Sigma x_i y_i - (\Sigma x_i)(\Sigma y_i)}{n\Sigma x_i^2 - (\Sigma x_i)^2} \qquad b = \frac{(\Sigma y_i)(\Sigma x_i^2) - (\Sigma x_i y_i)(\Sigma x_i)}{n\Sigma x_i^2 - (\Sigma x_i)^2}$$

Cuestionario

1. Trace un dibujo de nuestro planeta en el que se indiquen sus polos magnéticos y sus polos geográficos.
2. De acuerdo con el sistema de referencia de la actividad 4 y con las mismas condiciones de $\vec{B}$ y de $\vec{v}$ de las partículas, ¿cambiaría la dirección de la fuerza magnética $\vec{F}$ si las partículas móviles fuesen protones en lugar de electrones? Explique.
3. Ilustre, a través de dibujos, la interacción entre conductor e imán en cada caso de la actividad 5. En el sistema de referencia tridimensional mostrado en dicha actividad, dibuje las direcciones de: el campo magnético del imán $\vec{B}$, el vector del conductor $\vec{\ell}$, cuyo sentido está asociado con la corriente I y la dirección de la fuerza magnética $\vec{F}$, sobre el conductor.

4. Proponga el modelo matemático que determine el vector fuerza magnética $\vec{F}$, en función de las cantidades físicas involucradas en la pregunta anterior.
5. Con el método de mínimos cuadrados encuentre la ecuación, en el SI, de la mejor recta que pasa por los puntos experimentales obtenidos en la actividad 6.
6. Trace la gráfica $B_E = f(I)$ que corresponde al modelo matemático de la pregunta anterior.
7. Si se sabe que la magnitud del campo magnético en el extremo de un solenoide largo ($\ell >> a$) se obtiene con la expresión

$$B_E = \frac{\mu_0 N I}{2\ell} \quad ,$$

donde μ_0 = permeabilidad magnética del vacío con valor $4\pi \times 10^{-7} \left[\frac{Wb}{A \cdot m}\right] \approx \mu_{aire}$,

deduzca el significado físico de la pendiente del modelo obtenido en la pregunta 5. Explique.
8. Con base en la pregunta anterior, determine el número de vueltas (N) del solenoide.
9. Emita sus conclusiones con base en los resultados obtenidos en la actividad 7.

Práctica número 11

Ley de inducción de Faraday

Objetivos

a) Comprobar la existencia de una fuerza electromotriz inducida por movimiento de un imán en un solenoide.
b) Verificar la generación de fuerza electromotriz alterna senoidal causada por variación de corriente.
c) Establecer la ley de inducción de Faraday, incluyendo el principio de Lenz.
d) Comprender el principio de operación del transformador con núcleo ferromagnético.

Equipo y materiales necesarios

1 bobina de inducción con accesorios:
  una bobina con foco
  anillos: cerrado y abierto
  cable de alimentación de 127 [V] c.a.
  núcleo ferromagnético
1 imán de barra (*extremadamente frágil)*
1 amperímetro de c.d.
1 autotransformador de 127 [V]
1 solenoide
2 cables cortos de conexión
1 fuente de poder de 0 a 10 [V]

Actividad 1

Conecte las terminales del solenoide a las del amperímetro, por medio de los cables disponibles; desplace el imán de barra introduciéndolo en el núcleo del solenoide tal y como lo muestra la figura 1a. Observe en el amperímetro el sentido de la corriente inducida y dibuje el sentido de circulación de dicha corriente en el solenoide así como el movimiento de la aguja en el amperímetro.

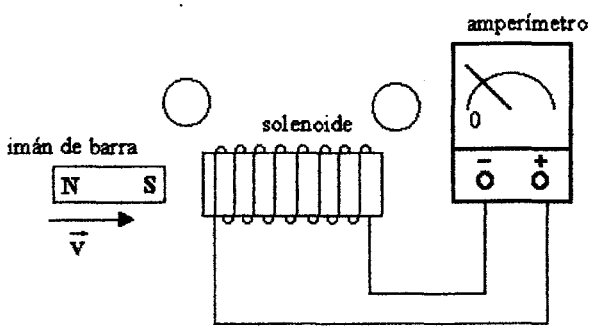


figura 1a

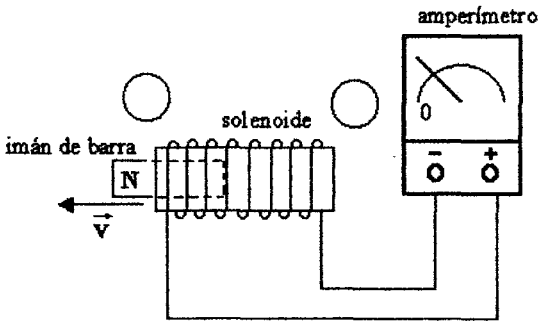


figura 1b

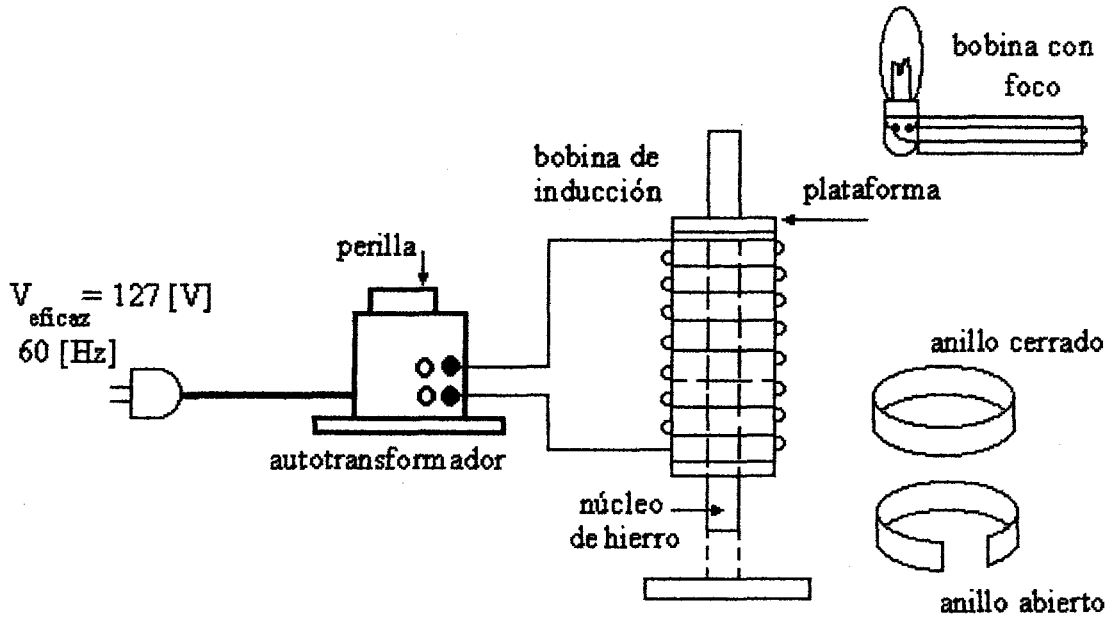
Desplace de nuevo el imán, pero ahora alejándolo del solenoide, como se muestra en la figura 1b; observe el sentido de la corriente inducida con este movimiento del imán y dibuje el sentido de la corriente inducida en el solenoide, así como en el amperímetro el movimiento de la aguja.

Actividad 2

Con base en la corriente inducida dibujada en el solenoide de cada figura, identifique el polo magnético que se induce en cada extremo de cada solenoide, escribiendo N (norte) o S (sur) dentro del círculo, según corresponda.

Actividad 3

Forme el circuito mostrado en la figura, sin energizar el autotransformador y verificando que su perilla de salida, indique el valor mínimo.



Coloque la bobina con foco, de manera que el núcleo ferromagnético quede en el núcleo de la bobina. Energice el autotransformador y gire su perilla para que su diferencia de potencial de salida se vaya incrementando, hasta llegar al máximo y que así permanezca.

Anote las observaciones de lo que ocurrió en la bobina. Éste es el principio de operación del transformador eléctrico.

Actividad 4

Tome la bobina con foco y sáquela lentamente del núcleo hasta lograrlo en forma total. ¿Qué sucedió? y ¿por qué?

Actividad 5

Disminuya hasta cero la diferencia de potencial de salida del autotransformador y ahora coloque en el núcleo el anillo cerrado. Gire la perilla del autotransformador hasta llegar al máximo y describa lo que le sucede al anillo.

Actividad 6

Sostenga sobre la plataforma de la bobina de inducción el anillo cerrado unos cuantos segundos, cinco por ejemplo. ¿Qué efecto se observó en el anillo? Describir el hecho y explicar la causa del mismo.

Actividad 7

Reduzca a la posición del mínimo, la perilla del autotransformador y reemplace el anillo cerrado por el anillo abierto; incremente la diferencia de potencial de salida del autotransformador hasta el máximo. Describa y explique lo que sucedió en el anillo abierto.

Regrese la perilla del autotransformador a la posición de mínimo.

Actividad 8

Desconecte el autotransformador del contacto de la mesa y de la bobina de inducción; aplique a ésta la diferencia de potencial del contacto de la mesa (127 [V] y 60 [Hz]). De manera sucesiva, coloque despacio en el núcleo, la bobina con foco y retírela; sustituya esta bobina por el anillo cerrado y, por último, haga lo mismo con el anillo abierto. Describa lo observado en cada accesorio.

Actividad 9

Desconecte la bobina de inducción del contacto de la mesa y conecte la fuente de poder de corriente directa (c.d.) aplicando a la bobina de inducción una diferencia de potencial de 6 [V]. Verifique si existe campo magnético en el núcleo, por ejemplo con un clip o con una moneda de 10 centavos; coloque de manera sucesiva la bobina con foco, el anillo cerrado y el anillo abierto. Describa los resultados obtenidos, sobre todo lo referente a la existencia, o no, de corriente inducida en estos accesorios.

Expresiones matemáticas necesarias

$$\varepsilon = -N\frac{d\phi}{dt} \qquad \{\dot{W}\}_{\text{eléctrica}} = R\,i^2$$

Cuestionario

1. ¿Qué polos magnéticos se inducen en los extremos del solenoide en la actividad 1? ¿Qué relación tienen los polos inducidos con respecto a los del imán?
2. De acuerdo con los hechos observados en las actividades 5 y 7 explique lo sucedido en función de los polos magnéticos inducidos.
3. Respecto a la actividad 6, dibuje en el anillo cerrado y en la bobina de inducción el sentido de la corriente en cada elemento, para un instante dado.
4. ¿En qué condiciones, en general, se puede inducir una fuerza electromotriz (diferencia de potencial) en un conductor?
5. De las condiciones concluídas en el punto anterior, ¿en cuáles de ellas se induce corriente eléctrica?

Práctica número 12

Capacitor, resistor e inductor equivalentes

Objetivos

a) Identificar el funcionamiento de un resistor en los circuitos eléctricos y obtener el resistor equivalente de varios conectados en serie y en paralelo.
b) Comprender la función que realiza un capacitor en los circuitos eléctricos y obtener el capacitor equivalente de varios conectados en serie y en paralelo.
c) Distinguir la función que desempeña un inductor en los circuitos eléctricos y obtener el inductor equivalente de algunos conectados en serie y en paralelo.

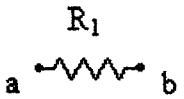
Equipo y materiales necesarios

1 medidor de RCL
2 resistores de 220 [Ω]
2 resistores de 1 [kΩ]
3 capacitores de valores diversos, en [μF]
3 inductores (solenoides)
3 nodos de conexión
6 cables largos
4 cables caimán – caimán

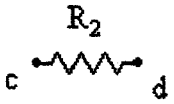
Actividad 1

Con ayuda del medidor de resistencia, mida y registre el valor correspondiente al resistor solicitado; los valores disponibles son $R_1 = 220$ [Ω] y $R_2 = 10^3$ [Ω].

1.1 Elementos individuales.

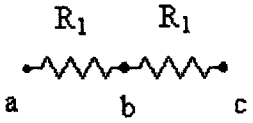
i) 

$R_1 = R_{ab} =$ _____ [Ω]

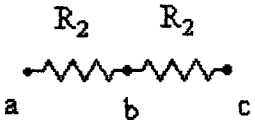


$R_2 = R_{cd} =$ _____ [Ω]

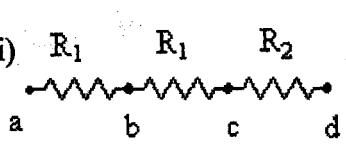
1.2 Conexiones en serie.

i) 

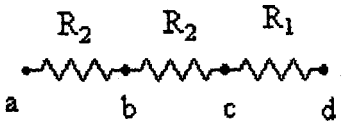
$R_{ac} =$ _____ [Ω]

ii) 

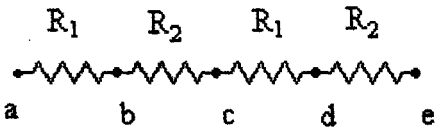
$R_{ac} =$ _____ [Ω]

iii) 

R_{ad} = _____ [Ω]

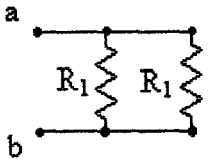
iv) 

R_{ad} = _____ [Ω]

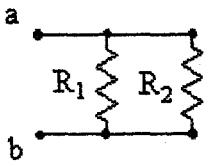
v) 

R_{ae} = _____ [Ω]

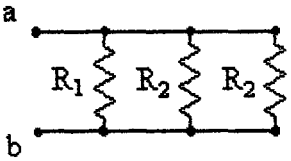
1.3 Conexiones en paralelo.

i) 

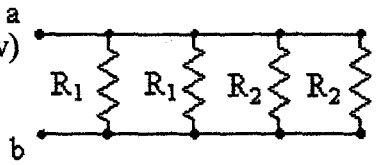
R_{ab} = _____ [Ω]

ii) 

R_{ab} = _____ [Ω]

iii) 

R_{ab} = _____ [Ω]

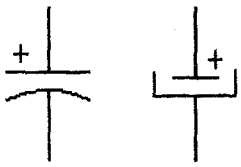
iv) 

R_{ab} = _____ [Ω]

Actividad 2

Con ayuda del medidor de capacitancia mida y anote el valor correspondiente al capacitor solicitado.

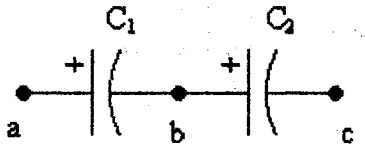
2.1 Elementos individuales.

valores nominales	símbolos	valores medidos
C_{1n} = _____ [μF] y $V_{máx\,1n}$ = _____ [V]		C_1 = _____ [μF]
C_{2n} = _____ [μF] y $V_{máx\,2n}$ = _____ [V]		C_2 = _____ [μF]
C_{3n} = _____ [μF] y $V_{máx\,3n}$ = _____ [V]		C_3 = _____ [μF]

Nota: $C_1 < C_2 < C_3$

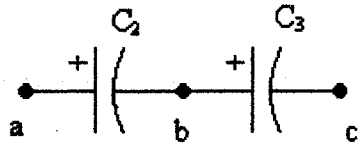
2.2 Conexiones en serie.

i)



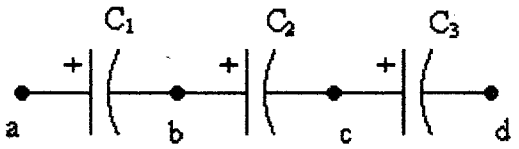
C_{ac} = _____ [μF]

ii)



C_{ac} = _____ [μF]

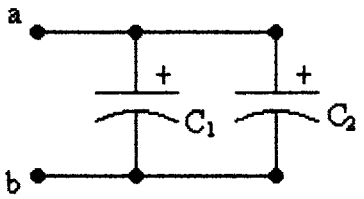
iii)



C_{ad} = _____ [μF]

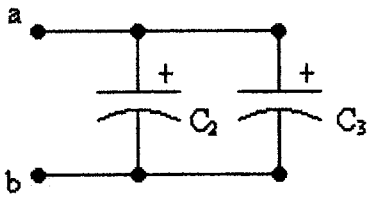
2.3 Conexiones en paralelo.

i)



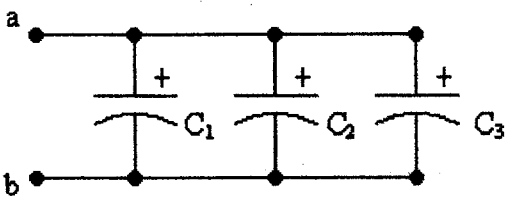
C_{ab} = _____ [μF]

ii)



C_{ab} = _____ [μF]

iii)



C_{ab} = _____ [μF]

Actividad 3

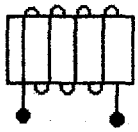
Con el medidor de inductancia (L), mida y registre el valor correspondiente de cada solenoide, así como su valor de resistencia interna (R).

3.1 Elementos individuales.

i) L_1 = _____ [H] y R_1 = _____ [Ω]

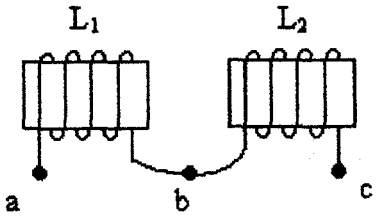
ii) L_2 = _____ [H] y R_2 = _____ [Ω]

iii) L_3 = _____ [H] y R_3 = _____ [Ω]

esquema 

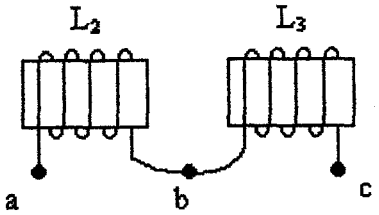
símbolo 

3.2 Conexiones en serie de inductores alejados.

i) 

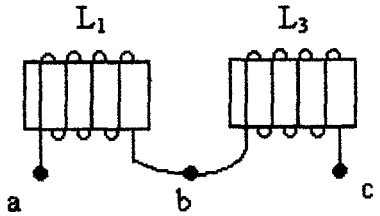
L_{ac} = _____ [H]

R_{ac} = _____ [Ω]

ii) 

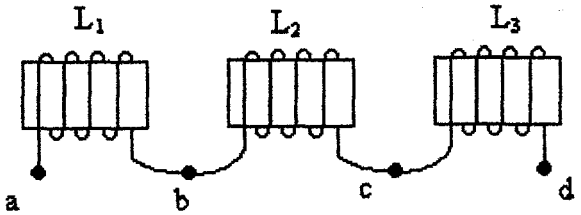
L_{ac} = _____ [H]

R_{ac} = _____ [Ω]

iii) 

L_{ac} = _____ [H]

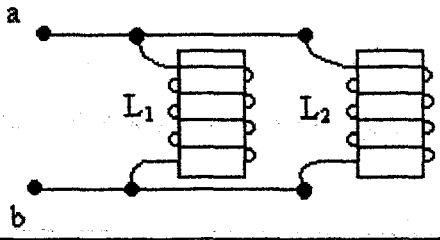
R_{ac} = _____ [Ω]

iv) 

L_{ad} = _____ [H]

R_{ad} = _____ [Ω]

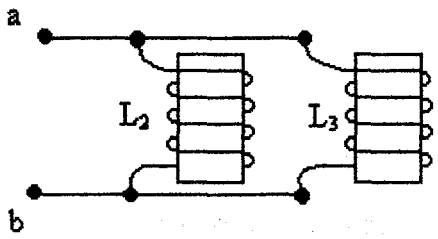
3.3 Conexiones en paralelo de inductores alejados.

i) 

L_{ab} = _____ [H]

R_{ab} = _____ [Ω]

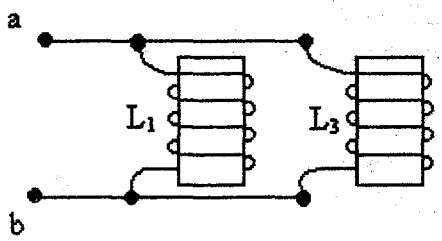
ii)



L_{ab} = _____ [H]

R_{ab} = _____ [Ω]

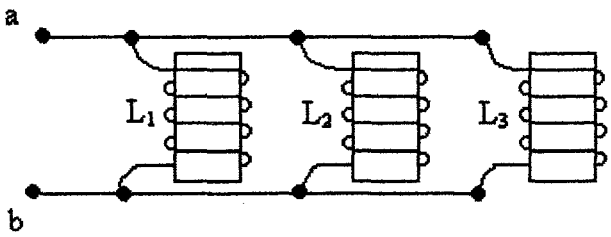
iii)



L_{ab} = _____ [H]

R_{ab} = _____ [Ω]

iv)



L_{ab} = _____ [H]

R_{ab} = _____ [Ω]

Expresiones matemáticas necesarias.

1) $R_{eq\,serie} = \sum_{i=1}^{n} R_i$

2) $\frac{1}{R_{eq\ paralelo}} = \sum_{i=1}^{n} \frac{1}{R_i}$

3) $\frac{1}{C_{eq\,serie}} = \sum_{i=1}^{n} \frac{1}{C_i}$

4) $C_{eq\ paralelo} = \sum_{i=1}^{n} C_i$

Para inductores alejados entre sí.

5) $L_{eq\,serie} = \sum_{i=1}^{n} L_i$

6) $\frac{1}{L_{eq\ paralelo}} = \sum_{i=1}^{n} \frac{1}{L_i}$

Cuestionario

1. ¿Coinciden los valores nominales de los resistores con los valores medidos?
2. ¿Qué utilidad le encuentra a la conexión de resistores en serie?
3. Compruebe que el resistor equivalente medido para cuatro resistores conectados en serie concuerda con el calculado con la expresión teórica.
4. ¿Qué utilidad le encuentra a la conexión de resistores en paralelo?
5. ¿Considera que la conexión de capacitores en serie tiene utilidad? ¿Cuál?
6. Verifique que el capacitor equivalente medido para los tres capacitores conectados en serie concuerda con el obtenido con la expresión teórica.
7. ¿Qué aplicación puede tener la conexión de capacitores en paralelo?
8. ¿Por qué los solenoides tienen un valor de inductancia y uno de resistencia? Explique.
9. Verifique que el inductor equivalente medido para los tres inductores conectados en paralelo, es igual al que se obtiene con la expresión teórica.
10. Investigue por qué las expresiones 5 y 6, del apartado "expresiones matemáticas necesarias" sólo son válidas cuando los inductores están alejados entre sí.

Esta obra se terminó de imprimir
en septiembre de 2006
en el taller de imprenta del
Departamento de Publicaciones
de la Facultad de Ingeniería,
Ciudad Universitaria, México, D.F.
C.P. 04510

Secretaría de Servicios Académicos

El tiraje consta de 1000 ejemplares