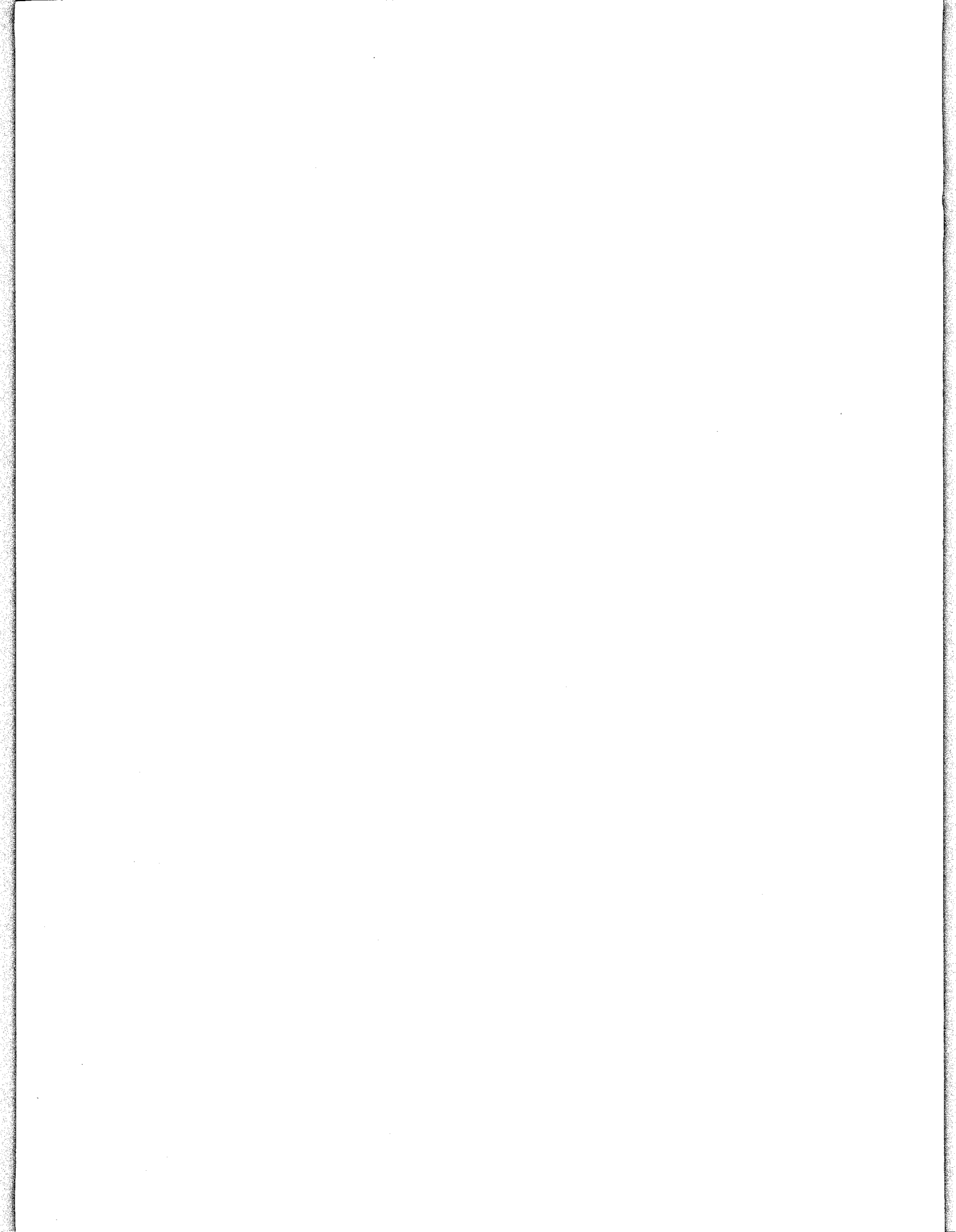

Cuaderno de prácticas
de

Física experimental

Elizabeth
Aguirre Maldonado

Rigel
Gámez Leal

Gabriel A.
Jaramillo Morales



720.00



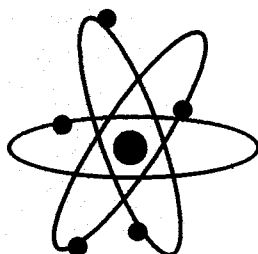
FACULTAD DE INGENIERÍA

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

CUADERNO DE PRÁCTICAS DE:

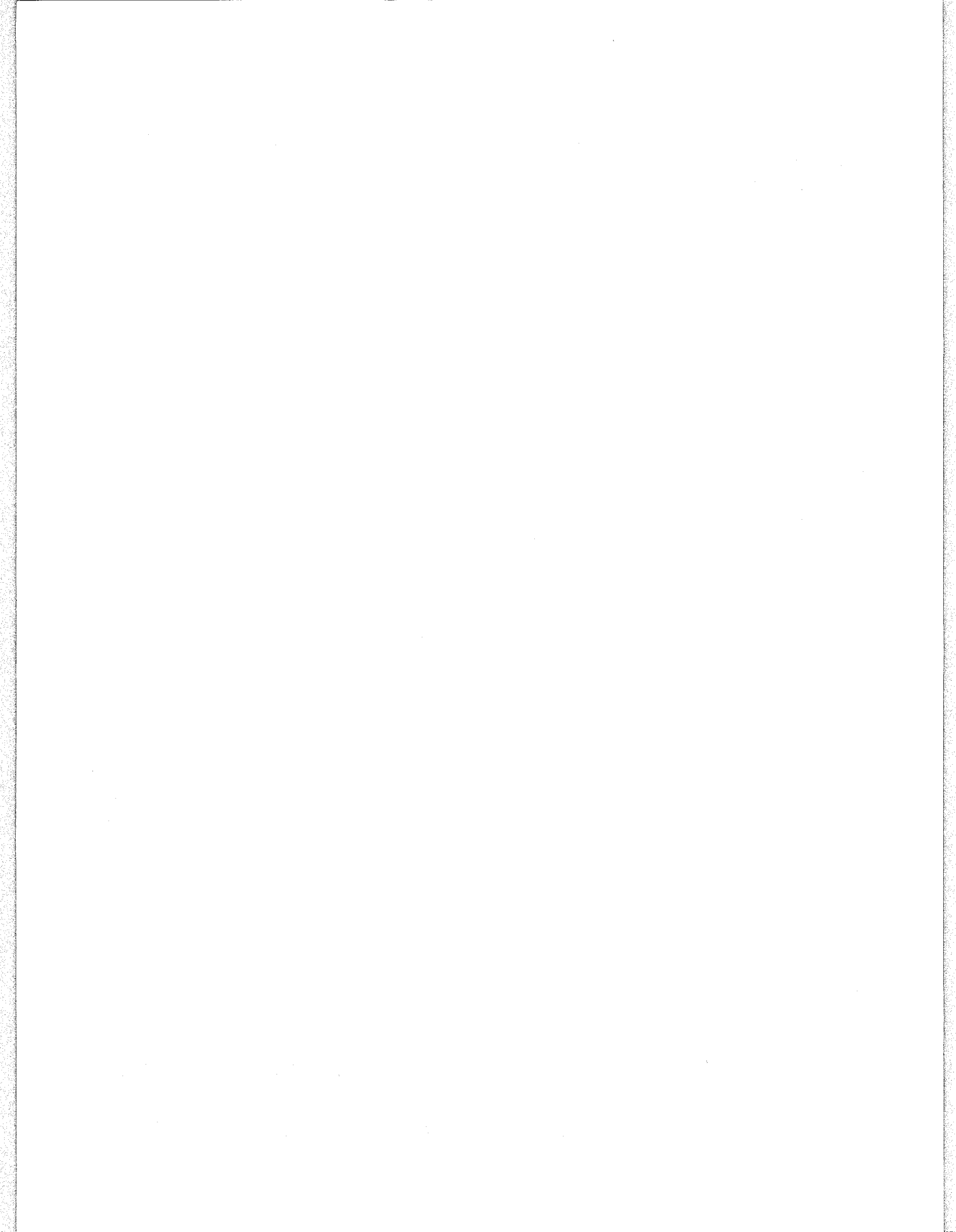
Física

Experimental



División de Ciencias Básicas
Departamento de Física General y Química

Ing. Elizabeth Aguirre Maldonado
Ing. Rigel Gámez Leal
Ing. Gabriel A. Jaramillo Morales



INTRODUCCIÓN

Una de las ocupaciones más trascendentes que podemos tener los docentes es la de crear y producir material de apoyo para que el proceso de enseñanza – aprendizaje se realice de la manera más eficaz, eficiente y significativa posible. Nuestra experiencia y la preparación que tenemos en estos aspectos educativos nos permite afirmar que cuando el alumno tiene a su alcance material con la extensión y profundidad requeridas por el programa vigente, su estudio es de mejor calidad y se propician en él actividades y actitudes de autoaprendizaje.

La asignatura Física Experimental está diseñada para estudiar los conceptos en presencia de los fenómenos reales que pueden ser reproducidos en el laboratorio; por esta razón, la selección de los experimentos por realizar, el manejo de la información que se obtiene con las mediciones y la posibilidad de obtener conclusiones sólidas y bien fundadas requieren de un material escrito que favorezca el aprendizaje y la labor experimental del alumno.

Este “Cuaderno de Prácticas de Física Experimental” reúne experimentos ilustrativos de los diferentes temas contenidos en la asignatura, cada práctica tiene una serie de pasos sugeridos a seguir, los diagramas y los modelos matemáticos necesarios para la exitosa realización de los experimentos, así como los cuidados mínimos indispensables en el manejo del material y del equipo; además de una explicación breve, cuando así se requiere, de la calibración del equipo.

Al final de cada práctica se dispone de un cuestionario, el cual busca concretar e interpretar los resultados obtenidos para aprovechar plenamente la actividad realizada en el laboratorio.

Este material tiene como antecedentes el libro “Apuntes de Física Experimental” de Gabriel A. Jaramillo Morales, Mario López Maciel, Carlos Takahashi Flores y Álvaro A. Zamora Sánchez así como el “Manual de Prácticas de Laboratorio de Física Experimental” de Francisco M. Pérez Ramírez y Pedro Sánchez-Aldana Pérez. Además de estos dos textos elaborados por profesores de esta División y publicados por esta Facultad, este cuaderno tiene como antecedentes ideas y experimentos aportados por profesores de la asignatura desde su creación.

Estamos plenamente convencidos que un trabajo de este tipo es susceptible de enriquecerse y mejorarse por lo que agradeceremos cualquier observación o comentario sobre este "Cuaderno de Prácticas de Física Experimental" que nos ayude a perfeccionar este material, en beneficio de nuestros estudiantes.

Finalmente deseamos expresar nuestra gratitud por el impulso y motivación que para realizar este trabajo recibimos del M. en I. Bernarndo Frontana de la Cruz, Jefe de esta División de Ciencias Básicas, quien ha sido promotor del trabajo académico y a quien le queremos agradecer anticipadamente el esfuerzo que estamos seguros realizará para que la presente obra sea publicada en breve y así pueda llegar, de manera asequible, a las manos de nuestros estudiantes quienes deben ser, en definitiva, los beneficiarios de estos logros.

Los autores.

Ing. Elizabeth Aguirre Maldonado.

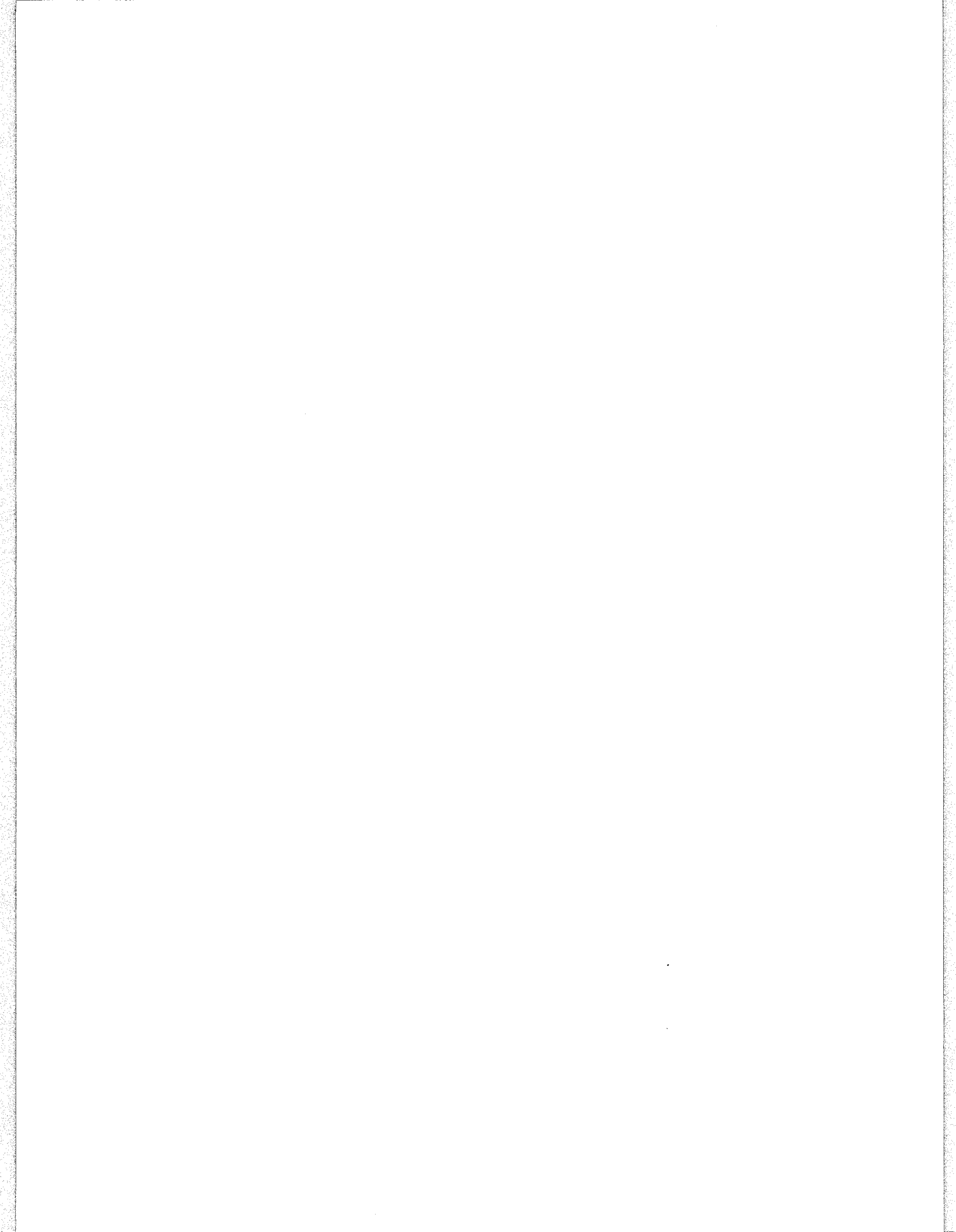
Ing. Rigel Gámez Leal.

Ing. Gabriel Alejandro Jaramillo Morales.

Ciudad Universitaria, junio del 2002.

ÍNDICE

	Página
Práctica 1. Caracterización de un amperímetro analógico.	1
Práctica 2. Caracterización de un dinamómetro.	4
Práctica 3. Movimiento uniformemente acelerado.	7
Práctica 4. Movimiento y energía en un plano inclinado.	11
Práctica 5. Propiedades de las sustancias.	14
Práctica 6. Gradiente de presión.	16
Práctica 7. Algunas propiedades térmicas del agua.	19
Práctica 8. Leyes de la termodinámica.	22
Práctica 9. Carga y corriente eléctricas.	24
Práctica 10. Fuerza magnética sobre un conductor.	27
Práctica 11. Movimiento ondulatorio.	30
Práctica 12. Reflexión, refracción (transmisión) y dispersión de la luz.	33



Práctica número 1

Caracterización de un amperímetro analógico

➤ Objetivos:

- Determinar el rango, la resolución y la legibilidad del amperímetro (características estáticas).
- Calcular la precisión y la exactitud del amperímetro para cada valor patrón en el rango de experimentación.
- Obtener la curva de calibración y su ecuación para el amperímetro bajo estudio.
- Determinar la sensibilidad y el error de calibración del amperímetro.
- Determinar la incertidumbre para las mediciones de cada valor patrón utilizado.

➤ Equipo y materiales necesarios:

1 fuente de poder de 0 hasta 40 [V] con 5 [A] máximo, con amperímetro digital integrado
 1 amperímetro analógico
 1 foco de 100 [W]
 1 base para foco con cables de conexión
 1 cable de conexión corto, de 45 [cm]

➤ Actividades sugeridas:

- Analizar el amperímetro por caracterizar, registrar marca y modelo, e identificar sus características estáticas: rango, resolución y legibilidad, en su caso, aclarar estos conceptos. Verificar la calibración del amperímetro y, de ser necesario, hacer el ajuste mecánico con el tornillo colocado al centro de la parte inferior de la carátula.
- Armar el circuito mostrado en el diagrama, sin poner en funcionamiento la fuente de poder y verificar que las perillas de corriente y voltaje estén totalmente giradas en sentido contrario al movimiento de las manecillas del reloj (⤴).
- Encender la fuente y con giros pequeños de las dos perillas graduar los valores de la corriente eléctrica en el circuito; tomar el valor del amperímetro digital como valor patrón y registrar la lectura en el amperímetro analógico.
- Llenar la tabla de mediciones en forma creciente y luego decreciente (zig-zag) hasta completar las cinco columnas.
- Completar la tabla con los cálculos necesarios empleando las expresiones matemáticas proporcionadas.

➤ Tabla de datos y mediciones:

I_P [A]	I_1 [A]	I_2 [A]	I_3 [A]	I_4 [A]	I_5 [A]	\bar{I}_L [A]	% EE	% E	% EP	% P	ΔI [A]	$\bar{I} \pm \Delta I$ [A]
0.05												
0.10												
0.15												
0.20												
0.25												
0.30												
0.35												
0.40												

donde: I_P = corriente patrón, I_j para $1 \leq j \leq 5$ lecturas e \bar{I}_L = valor promedio de las lecturas.

➤ Expresiones matemáticas necesarias:

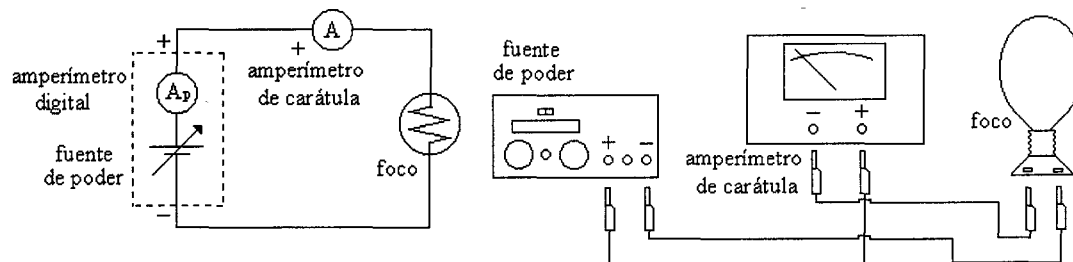
$$\%EE = \left| \frac{V_P - \bar{V}_L}{V_P} \right| \times 100 \quad \text{y} \quad \%E = 100 - \%EE;$$

$$\%EP = \left| \frac{\bar{V}_L - V_{+a}}{\bar{V}_L} \right| \times 100 \quad \text{y} \quad \%P = 100 - \%EP$$

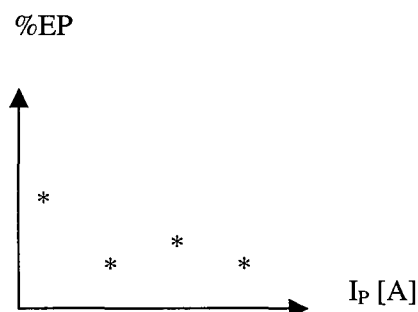
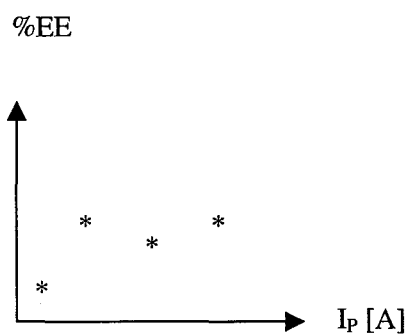
Desviación estándar de una muestra de n mediciones de una misma cantidad física:

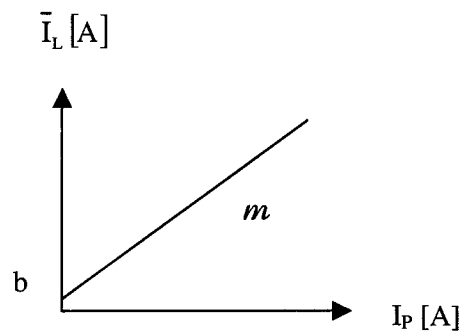
$$S_I = \pm \left[\frac{\sum_{j=1}^n (\bar{I}_L - I_j)^2}{n-1} \right]^{1/2} \quad \text{y} \quad \Delta I = S_{ml} = \frac{\pm S_I}{\sqrt{n}}; \quad [\Delta I]_u = [S_{ml}]_u = [S_I]_u$$

➤ Diagramas:



➤ Modelos Gráficos:





$$\bar{I}_L [A] = m I_P [A] + b [A]$$

➤ Cuestionario:

1. ¿Cuáles son las características estáticas del amperímetro?
2. ¿Para qué valor de I_P el amperímetro presenta menor error de exactitud?
3. ¿Para qué valor de I_P el amperímetro presenta menor error de precisión?
4. Obtenga la ecuación de la curva de calibración indicando las unidades de cada término en el SI.
5. ¿Cuál es la sensibilidad del amperímetro y su error de calibración, cada uno con sus unidades correspondientes en el SI?

➤ Conclusiones.

➤ Bibliografía.

Práctica número 2

Caracterización de un dinamómetro

➤ Objetivos:

- a) Determinar las características estáticas del dinamómetro empleado.
- b) Determinar el error de exactitud y la exactitud del dinamómetro para cada valor patrón.
- c) Determinar el error de precisión y la precisión del dinamómetro para cada valor patrón.
- d) Obtener los modelos gráfico y matemático de la curva de calibración.
- e) Identificar el significado físico de la pendiente y el de la ordenada al origen del modelo matemático de la curva de calibración.
- f) Determinar los valores más representativos para los valores patrones utilizados incluyendo sus incertidumbres.

➤ Equipo y materiales necesarios:

- 1 dinamómetro de 0 a 10 [N]
- 2 masas de 50 [g]
- 1 masa de 100 [g]
- 1 masa de 200 [g]
- 1 base de soporte universal
- 1 varilla de 70 [cm]
- 1 varilla de 20 [cm]
- 1 tornillo de sujeción

➤ Actividades sugeridas

1. Analizar el dinamómetro por caracterizar, registrar marca y modelo, e identificar sus características estáticas: rango, resolución y legibilidad. Verificar la calibración del dinamómetro, ésta puede realizarse al aflojar la tuerca superior y girar el gancho del soporte hasta que la parte media del indicador marque cero, una vez hecho esto apretar la tuerca superior para asegurar la calibración.
2. Colocar el dinamómetro en el soporte universal para realizar las mediciones.
3. Colgar en el dinamómetro las masas patrones de manera sucesiva y registrar el peso de cada una; efectuar las mediciones en forma creciente y luego decreciente hasta completar las cinco columnas.
4. Completar la columna de pesos patrones aplicando la segunda ley de Newton y el valor de la aceleración gravitatoria local ($g_{D.F.}$).
5. Llenar la tabla con los cálculos necesarios.

► Tabla de datos y mediciones:

m_p [g]	W_P [N]	W_1 [N]	W_2 [N]	W_3 [N]	W_4 [N]	W_5 [N]	\overline{W}_L [N]	%EE	%E	%EP	%P	ΔW [N]
50												
100												
150												
200												
250												
300												
350												
400												

► Expresiones matemáticas necesarias:

$$W_P = m_P g ; \text{ en la cual } g_{DF} = 9.78 \text{ [m/s}^2\text{]}$$

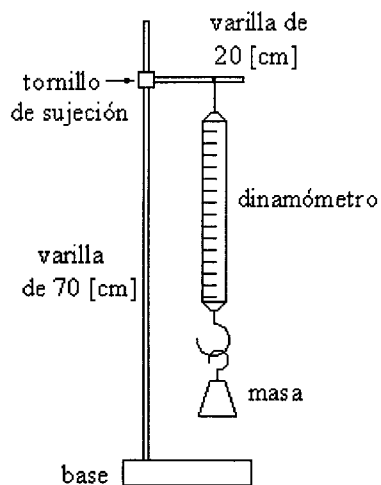
$$\%EE = \left| \frac{V_P - \overline{V}_L}{V_P} \right| \times 100 \quad \text{y} \quad \%E = 100 - \%EE$$

$$\%EP = \left| \frac{\overline{V}_L - V_{+a}}{\overline{V}_L} \right| \times 100 \quad \text{y} \quad \%P = 100 - \%EP$$

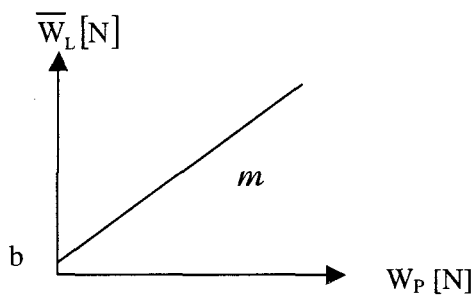
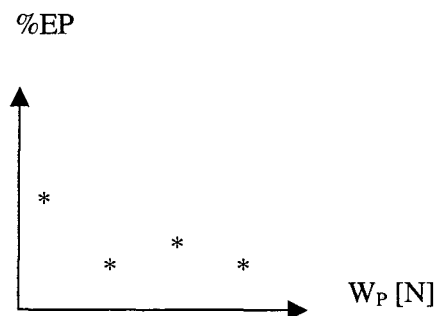
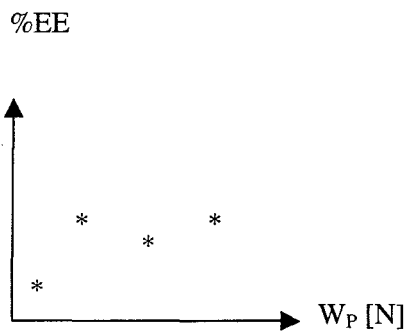
Desviación estándar de una muestra de n mediciones de una misma cantidad física:

$$S_w = \pm \left[\frac{\sum_{i=1}^n (\overline{W}_L - W_i)^2}{n-1} \right]^{1/2} \quad \text{y} \quad \Delta W = S_{mw} = \frac{\pm S_w}{\sqrt{n}} ; \quad [\Delta W]_u = [S_{mw}]_u = [S_w]_u$$

► Diagrama:



➤ Modelos Gráficos:



$$\overline{W}_L [\text{N}] = m W_P [\text{N}] + b [\text{N}]$$

➤ Cuestionario:

1. Anote las características estáticas del dinamómetro empleado.
2. Indique para qué valor patrón se tuvo el mayor error de exactitud.
3. Indique para qué valor patrón se presentó el mayor error de precisión.
4. Obtenga la ecuación de la curva de calibración indicando las unidades de cada término en el SI.
5. Para cada término del modelo matemático del inciso anterior indique si es constante, variable independiente o variable dependiente y escriba su expresión dimensional en el SI.

➤ Conclusiones.

➤ Bibliografía.

Práctica número 3**Movimiento Uniformemente Acelerado**➤ **Objetivos:**

- Obtener el modelo gráfico del tiempo t de caída en función del desplazamiento h de una esfera con movimiento uniformemente acelerado; es decir : $t = f(h)$.
- Obtener los modelos gráfico y matemático lineales del desplazamiento h de una esfera con movimiento uniformemente acelerado en función de la variable z , donde $z = t^2$ y t es tiempo de caída.
- Obtener los modelos gráfico y matemático de la rapidez de la esfera con movimiento uniformemente acelerado en función del tiempo.
- Obtener los modelos gráfico y matemático de la aceleración de la esfera con movimiento uniformemente acelerado en función del tiempo.
- Determinar las características estáticas del cronómetro utilizado.

➤ **Equipo y materiales necesarios:**

1 fuente de poder de 0 hasta 40 [V] con 5 [A] máximo, con amperímetro digital integrado
1 cronómetro analógico
1 balín de $m = \text{_____}$ [g]
1 electroimán
6 cables de conexión largos, de 1 [m]
1 placa de contacto
1 base de soporte universal
1 varilla de 1 [m]
1 varilla de 20 [cm]
2 tornillos de sujeción
1 flexómetro

➤ **Actividades sugeridas:**

- Armar y conectar el circuito mostrado en el diagrama, sin encender la fuente de poder ni el cronómetro.
- Verificar que las dos perillas (voltaje y corriente) de la fuente de poder estén totalmente giradas en sentido contrario al movimiento de las manecillas del reloj (\cup); encender la fuente y con giros pequeños en ambas perillas energizar el electroimán para que atraiga al balín y queden unidos, con el valor de corriente más pequeño posible. Si la corriente llega al valor de 2 [A] y el balín no se detiene, apague la fuente y revise el circuito.
- Revisar que el interruptor de la placa de contacto esté cerrado, esto se consigue cuando la orilla de placa está levantada y se logra apretando la placa en la parte central de ésta.
- Encender el cronómetro y verificar que los dos interruptores estén con su palanca hacia la parte superior. Con la manivela que se observa a la izquierda del cronómetro, viendo de frente sus carátulas, colocar en ceros las manecillas haciendo descender la manivela hasta el tope.
- Colocar el electroimán en posición tal que entre la base del balín y la superficie cubierta con un rectángulo de hule en la placa de contacto, se tenga el desplazamiento cuyo tiempo de recorrido se desea medir.
- Cubiertos los pasos anteriores, apretar sin soltar la palanca de la llave morse; con esta acción se cortará la energía al electroimán en el cual se anulará la fuerza magnética liberando al balín en $t = 0$, para que el móvil tenga una caída libre. De manera simultánea, en $t = 0$, el cronómetro inició su medición y se

detendrá cuando el balón golpee la placa de contacto y abra el microinterruptor colocado en su interior, ahora ya se puede soltar la palanca de la llave morse; con esto se energiza nuevamente al electroimán.

7. Para realizar más mediciones del mismo desplazamiento del balón se deberá poner en ceros el cronómetro, se cerrará el interruptor de la placa de contacto apretándola en el centro de la misma y se colocará el balón de nuevo en el electroimán.
8. Después de realizar las cinco mediciones de tiempo para un desplazamiento, modificar esta distancia que recorrerá el balón y medir el tiempo de recorrido como se ha descrito en los puntos anteriores.
9. Llenar el resto de la tabla con los cálculos correspondientes empleando las expresiones matemáticas proporcionadas.

► Tabla de datos y mediciones:

h [m]	t ₁ [s]	t ₂ [s]	t ₃ [s]	t ₄ [s]	t ₅ [s]	\bar{t}_L [s]	t _p [s]	% E	% P	Δt [s]	$(\bar{t}_L \pm \Delta t)$ [s]	z [s ²]
0.2												
0.3												
0.4												
0.5												
0.6												
0.7												

h = desplazamiento vertical descendente

\bar{t}_L = tiempo promedio de caída

t_i para 1 ≤ i ≤ 5 lecturas de tiempo de caída

t_p = tiempo teórico (patrón) de caída

% E = porcentaje de exactitud del tiempo medido

% P = porcentaje de precisión del tiempo medido

Δt = incertidumbre del conjunto de mediciones del tiempo de caída para cada desplazamiento.

► Expresiones matemáticas necesarias:

$$t_p = \sqrt{\frac{2h}{g}} \quad \text{siendo } |\vec{g}|_{DF} = 9.78 \left[\frac{m}{s^2} \right]$$

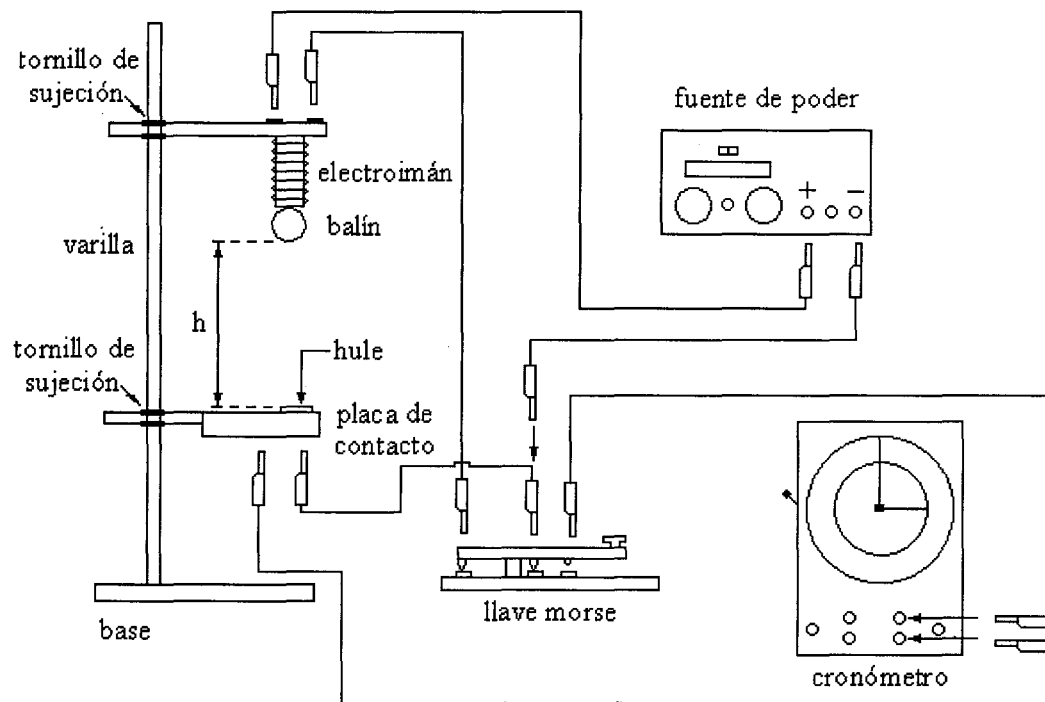
$$\% EE = \left| \frac{V_p - \bar{V}_L}{V_p} \right| \times 100 \quad \text{y} \quad \% E = 100 - \% EE$$

$$\% EP = \left| \frac{\bar{V}_L - V_{+a}}{\bar{V}_L} \right| \times 100 \quad \text{y} \quad \% P = 100 - \% EP$$

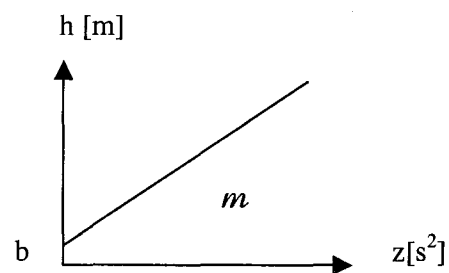
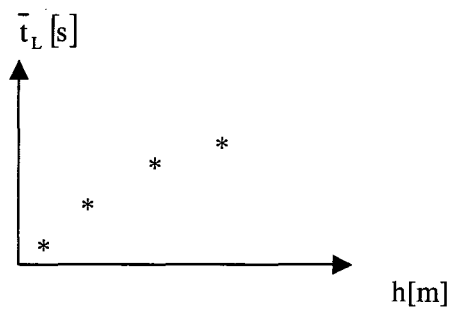
Desviación estándar de una muestra de n mediciones de una misma cantidad física, en este caso el tiempo de caída:

$$s_t = \pm \left[\frac{\sum_{i=1}^n (\bar{t}_L - t_i)^2}{n-1} \right]^{1/2} \quad \text{y} \quad \Delta t = \frac{\pm s_t}{\sqrt{n}}$$

➤ Diagrama:



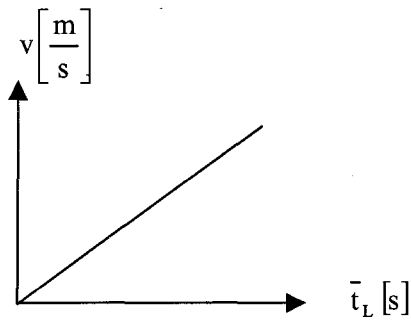
➤ Modelos Gráficos:



$$h \text{ [m]} = m \left[\frac{\text{m}}{\text{s}^2} \right] z \text{ [s}^2] + b \text{ [m]}$$

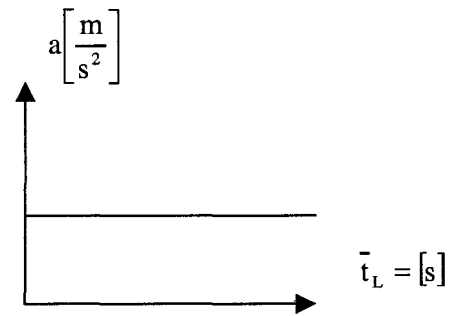
y como $z = \bar{t}_L^2$

$$h \text{ [m]} = m \left[\frac{\text{m}}{\text{s}^2} \right] \bar{t}_L^2 \text{ [s}^2] + b \text{ [m]}$$



$$v \left[\frac{\text{m}}{\text{s}} \right] = 2m \left[\frac{\text{m}}{\text{s}^2} \right] \bar{t} [\text{s}] \quad \text{ya que:}$$

$$v = \frac{dh}{dt}$$



$$a \left[\frac{\text{m}}{\text{s}^2} \right] = 2m \left[\frac{\text{m}}{\text{s}^2} \right] \quad \text{ya que:}$$

$$a = \frac{dv}{dt}$$

➤ Cuestionario:

1. ¿Qué tipo de curva se obtiene en la gráfica $\bar{t} = f(h)$?
2. ¿Cuál es el modelo matemático del desplazamiento h en función del cuadrado del tiempo de caída de la esfera empleada?
3. ¿Cuál es la expresión experimental que se obtiene para el cálculo de la velocidad de caída de la esfera?
4. ¿Cuál es el significado de la pendiente m y de la ordenada al origen b del modelo matemático del inciso 2?
5. ¿Cuál es el valor de la aceleración gravitatoria obtenido y cuál es el porcentaje de exactitud de dicho valor si $g_p = 9.78 \left[\frac{\text{m}}{\text{s}^2} \right]$?

➤ Conclusiones.

➤ Bibliografía.

Práctica número 4**Movimiento y energía en un plano inclinado**➤ **Objetivos:**

- a) Obtener los modelos gráfico y matemático lineales del desplazamiento x de un móvil sobre un plano inclinado un ángulo α , sin fricción, en función del tiempo t del movimiento.
- b) Obtener los modelos gráfico y matemático de la curva de calibración del cronómetro y sus características estáticas.
- c) Obtener el modelo gráfico de la energía potencial **EP** del móvil en función de su altura h .
- d) Obtener el modelo gráfico de la energía cinética **EC** del móvil en función de su altura h .

➤ **Equipo y materiales necesarios:**

- 1 base de soporte universal
- 1 varilla de 1 [m]
- 1 tornillo de sujeción
- 1 riel de aluminio de 1 [m]
- 1 carrete con imán (móvil) con $m = \text{---}$ [kg]
- 4 cables de conexión largos, de 1[m]
- 1 cronómetro digital
- 2 interruptores de lengüeta (sensores)
- 1 flexómetro

➤ **Actividades sugeridas:**

1. Arme y conecte el dispositivo experimental que se muestra. No ponga en funcionamiento el cronómetro y coloque los portasensores de manera que cada sensor quede en el lado más alto sobre el riel. Verifique la inclinación solicitada y manipule con mucho cuidado los sensores porque son muy frágiles.
2. Analice y ubique sobre el riel el punto en que se deberá soltar el móvil antes del primer sensor, el cual se recomienda no mover durante las mediciones. El punto de inicio del desplazamiento deberá ser el más cercano al sensor superior, pero sin que cierre el interruptor que contiene en su interior.
3. Coloque el segundo sensor en la parte inferior del riel a una distancia del primer sensor que corresponda con el desplazamiento x del móvil cuya duración se desea medir.
4. Con el cronómetro en ceros, suelte el móvil, en $t_0 = 0$, desde el punto de partida localizado en el riel. Cuando el móvil pase sobre el sensor superior el cronómetro iniciará su medición y cuando el sensor inferior detecte el paso del móvil, el cronómetro se detendrá y nos presentará el tiempo que duró el desplazamiento. Para que el cronómetro marque cero nuevamente, se debe oprimir el botón superior izquierdo.
5. De la forma descrita se pueden efectuar las mediciones deseadas para cada desplazamiento.
6. Modificar la distancia entre los sensores de tal forma que corresponda a los desplazamientos seleccionados y mida en cada caso el lapso empleado en cada uno. Se recomienda sólo mover el sensor inferior al ajustar cada desplazamiento por medir.
7. Con el empleo de las expresiones matemáticas proporcionadas y las ya conocidas, completar el llenado de la tabla.

➤ Tabla de datos y mediciones:

x [m]	t ₁ [s]	t ₂ [s]	t ₃ [s]	t ₄ [s]	t ₅ [s]	\bar{t}_L [s]	t _p [s]	Δt [s]	$(\bar{t}_L \pm \Delta t)$ [s]	$z = \bar{t}_L^2$ [s ²]
0.1										
0.2										
0.3										
0.4										
0.5										
0.6										

➤ Expresiones matemáticas necesarias:

$$t_p = \sqrt{\frac{2x}{g \operatorname{sen} \alpha}} \quad EP = m g h \quad EC = \frac{1}{2} m v^2$$

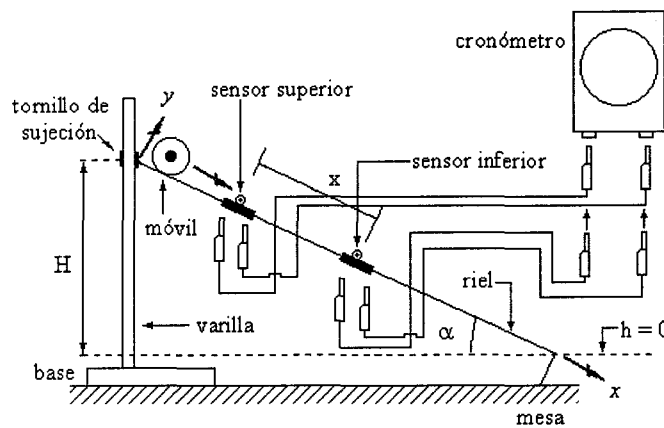
$$g = 9.78 \left[\frac{\text{m}}{\text{s}^2} \right] \quad \frac{H}{L} = \operatorname{sen} \alpha$$

➤ Diagrama:

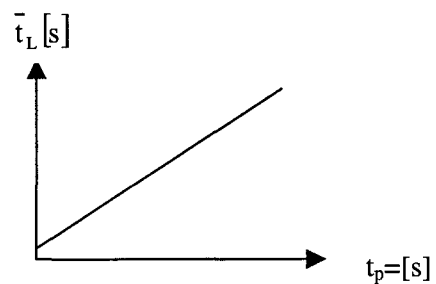
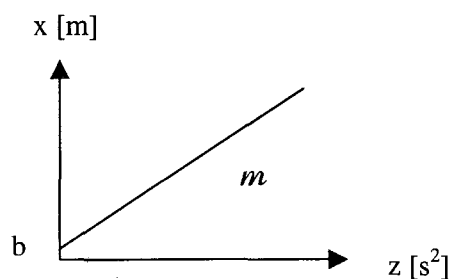
$$\alpha = \frac{\pi}{12} \text{ [rad]} = 15 \text{ [}^\circ\text{]} ;$$

L = longitud total del plano inclinado = 1 [m] ;

x = desplazamiento del móvil

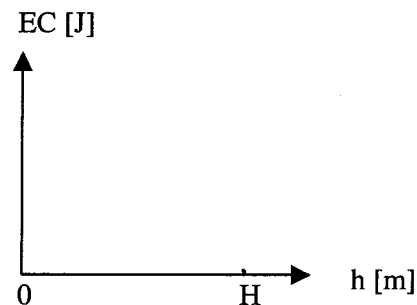
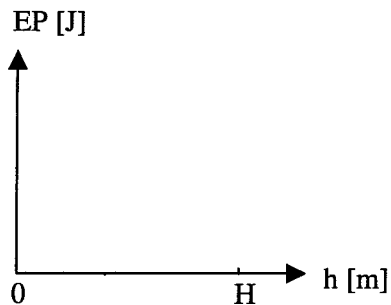


➤ Modelos Gráficos:



$$x[\text{m}] = m \left[\frac{\text{m}}{\text{s}^2} \right] z[\text{s}^2] + b \quad \text{y como } z = \bar{t}_L^2 :$$

$$x[\text{m}] = m \left[\frac{\text{m}}{\text{s}^2} \right] t_L^2 [\text{s}^2] + b[\text{m}] ; \quad v = \frac{dx}{dt} ; \quad a = \frac{dv}{dt}$$



➤ Cuestionario:

1. ¿Cuál es el modelo matemático del desplazamiento x en función del cuadrado del tiempo empleado?
2. ¿Cuáles son las características estáticas y la sensibilidad del cronómetro empleado?
3. ¿Cuáles son las expresiones experimentales para la rapidez y la aceleración del móvil sobre el plano inclinado?
4. Dibuje la gráfica de la energía potencial del móvil sobre todo el plano inclinado en función de su altura h , tome en cuenta que esta función es una recta y requiere del cálculo de la energía potencial máxima y mínima para dos valores extremos de la altura h ; es decir: $h = H$ y $h = 0$.
5. Dibuje la gráfica de la energía cinética del móvil sobre todo el plano inclinado en función de su altura h , tome los mismos valores de ésta empleados en el punto 4 y calcule las energías cinéticas mínima y máxima; esta función también es una recta.

➤ Conclusiones.

➤ Bibliografía.

Práctica número 5

Propiedades de las sustancias

➤ Objetivos:

- Identificar y medir o determinar algunas propiedades de las sustancias en fase sólida o líquida.
- Comprobar que el valor de una propiedad intensiva no cambia si se modifica la cantidad de materia (masa) y verificar lo contrario en una propiedad extensiva.
- Distintuir entre las cantidades físicas, las de tipo vectorial y las de tipo escalar.

➤ Equipo y materiales necesarios:

1 balanza de 0 a 610 [g]
 1 calibrador vernier
 1 vaso de precipitados de 50 [ml]
 muestras sólidas de materiales diversos
 muestras líquidas de sustancias diversas
 1 flexómetro
 1 jeringa de 10 [ml]

➤ Actividades sugeridas:

- Medir la masa de cada muestra de sustancia, no olvidar la verificación de la calibración de la balanza, la cual se llevará a cabo colocando los jinetillos completamente a la izquierda de los brazos (donde marquen cero) y girar la perilla de calibración, que se encuentra en el lado izquierdo del punto de apoyo, hasta que las marcas de la aleta de freno y el freno magnético den la impresión de formar una línea continua.
- En el caso de sustancias líquidas medir la masa total (recipiente y sustancia) y no olvidar restar la masa del recipiente.
- Medir las dimensiones de las muestras sólidas que permitan determinar su volumen; en el caso de los líquidos medir el volumen con una jeringa cuando no se disponga de este dato.
- Completar el llenado de la tabla con el empleo de las expresiones matemáticas proporcionadas.

➤ Tabla de datos y mediciones:

sustancia	f	m [kg] ()	$-\vec{W} \hat{k}$ [N] ()	V [m ³] ()	ρ [kg/m ³] ()	δ [1] ()	$-\vec{\gamma} \hat{k}$ [N/m ³] ()	v [m ³ /kg] ()
aceite								
acero								
agua								
esponja								
glicerina								
madera								
mercurio								
plastilina								
unicel								
vidrio								
tipo de cantidad :								

donde para cada sustancia:

m = masa

\vec{W} = peso V = volumen

ρ = densidad

δ = densidad relativa

v = volumen específico

$\vec{\gamma}$ = peso específico

Nota: * Escribir en la columna **f** de fase: **S** si la sustancia es sólida o **L** si es líquida.

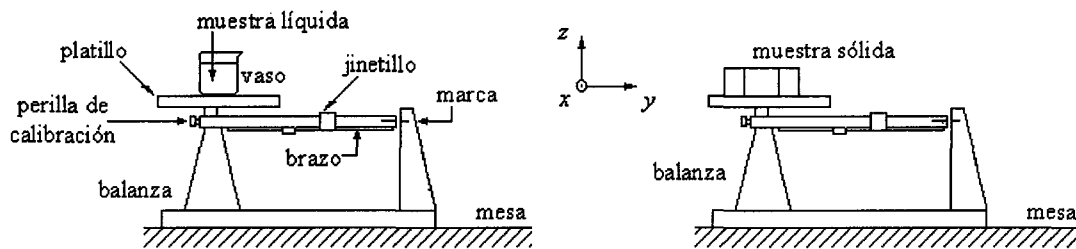
* Dentro del paréntesis de cada columna escribir **E** si la propiedad es extensiva o **I** si es intensiva.

* En el último renglón de la tabla escribir **vectorial** o **escalar** según sea cada cantidad física.

➤ Expresiones matemáticas necesarias:

$$\vec{W} = m\vec{g}; \quad \vec{g} = -9.78 \hat{k} \left[\frac{\text{m}}{\text{s}^2} \right]; \quad \rho = \frac{m}{V}; \quad \delta_x = \frac{\rho_x}{\rho_{\text{agua}}}; \quad \vec{\gamma} = \frac{\vec{W}}{V} \quad \text{y} \quad v = \frac{1}{\rho}$$

➤ Diagramas:



➤ Cuestionario:

1. Anote tres propiedades extensivas y tres intensivas de las sustancias, justificando su respuesta.
2. Escriba tres cantidades físicas de tipo escalar y tres de tipo vectorial, explicando el por qué.
3. Dé al menos dos ejemplos de sustancias homogéneas y dos de no homogéneas.
4. ¿Cuáles de las sustancias empleadas son isotrópicas y cuáles son no isotrópicas?
5. Si se vertieran volúmenes iguales, de cada uno de los líquidos empleados, en un recipiente cilíndrico, indique en un esquema como quedarían colocados al alcanzar condiciones estables (en reposo).

➤ Conclusiones.

➤ Bibliografía.

Práctica número 6

Gradiente de presión

➤ Objetivos:

- Obtener los modelos gráfico y matemático de la presión manométrica P_{man} en función de la profundidad 'y' en un fluido homogéneo en reposo.
- Obtener, a partir del modelo matemático anterior, la densidad y la magnitud del peso específico del fluido empleado.
- Medir la presión atmosférica local a través del experimento y el barómetro de Torricelli.
- Explicar la relación que existe entre presiones absoluta, relativa y atmosférica.
- Verificar la validez del gradiente de presión y la naturaleza intensiva de la propiedad llamada presión.

➤ Equipo y materiales necesarios:

- 1 manómetro diferencial
- 1 recipiente de base cuadrada
- 1 vaso de precipitados de 600 [ml]
- 1 tubo de vidrio, sellado en un extremo
- 1 cápsula de porcelana
- 1 jeringa de 10 [ml]
- 1 flexómetro
- 630 [g] de mercurio (Hg)

➤ Actividades sugeridas:

- Colocar en el recipiente de base cuadrada un líquido hasta alcanzar 15 [cm] de profundidad como mínimo. Calibrar el manómetro diferencial desplazando la escala móvil, si es necesario, agregar líquido manométrico.
- Introducir el sensor del manómetro (campana de inmersión) dejando entrar un poco de agua para que el menisco (en este caso cóncavo hacia el aire) se pueda observar claramente, ya que en su base se tomará la lectura de la presión manométrica a la profundidad deseada. (∩).
- Registrar la presión manométrica en el fluido para los valores crecientes de profundidad; después, disminuir gradualmente la profundidad y medir la presión correspondiente; continuar así hasta completar los conjuntos de mediciones necesarios (cinco en este caso).
- Para la medición de la presión atmosférica, construir un barómetro de Torricelli: llenar con mercurio el tubo de vidrio sellado en un extremo, utilizando una jeringa; se recomienda inclinar el tubo y verterlo poco a poco para evitar que el golpe de la caída del mercurio pueda romper el tubo.
- Colocar en la cápsula de porcelana el mercurio sobrante. Obstruir con un dedo el extremo abierto del tubo evitando que el mercurio salga al invertir el tubo y destaparlo dentro del mercurio de la cápsula.
- Observar lo que sucede con el mercurio y colocar el tubo en posición vertical; medir la altura h de la columna de mercurio, el cual en este caso forma un menisco convexo hacia la atmósfera y hacia el espacio que quedó sobre el mercurio dentro del tubo (∩); esta medición debe hacerse de la base del menisco en la atmósfera a la base del menisco dentro del tubo.
- Para realizar otras mediciones de la altura barométrica h , verificar, y repetir en su caso, el llenado del tubo con mercurio buscando eliminar las burbujas de aire y disminuir con esto los errores en las mediciones; tenga en cuenta que no es necesario vaciar completamente el tubo en cada medición.
- Completar el llenado de las tablas de mediciones realizando los cálculos necesarios.

➤ Tabla de datos y mediciones:

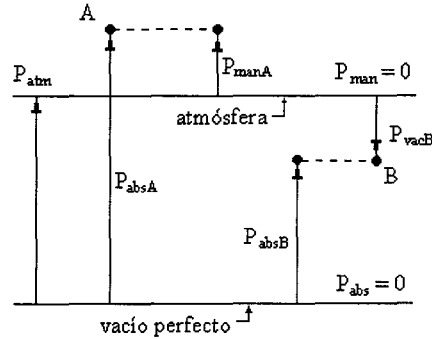
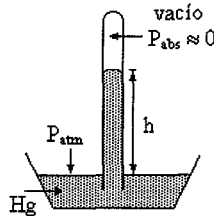
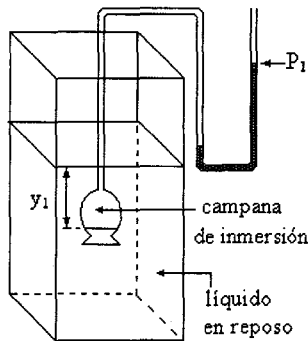
y [m]	P ₁ [Pa]	P ₂ [Pa]	P ₃ [Pa]	P ₄ [Pa]	P ₅ [Pa]	\bar{P}_{man} [Pa]
0.02						
0.04						
0.06						
0.08						
0.10						
0.12						

medición	h _{bar} [m]
1	
2	
3	
4	
5	
\bar{h}_{bar} [m]	

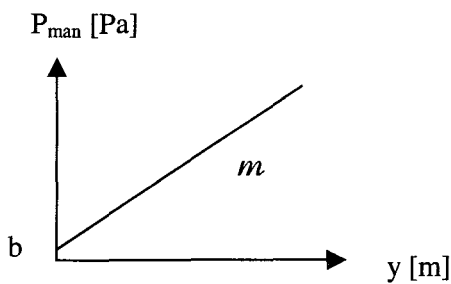
➤ Expresiones matemáticas necesarias:

$$P_A - P_B = -\rho |\vec{g}| (Z_A - Z_B); \quad P_{atm} = \rho_{Hg} |\vec{g}| \bar{h}_{bar}; \quad \rho_{Hg} = 13,600 \left[\frac{kg}{m^3} \right]; \quad |\vec{g}| = 9.78 \left[\frac{m}{s^2} \right]$$

➤ Diagramas:

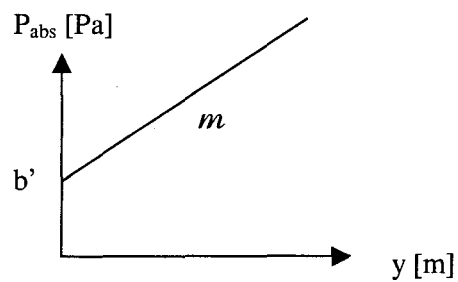


➤ Modelos Gráficos:



$$P_{man} [Pa] = m \left[\frac{Pa}{m} \right] y [m] + b [Pa]$$

$$m = \frac{dP_{man}}{dy}$$



$$P_{abs} [Pa] = m \left[\frac{Pa}{m} \right] y [m] + b' [Pa]$$

$$m = \frac{dP_{abs}}{dy}$$

➤ Cuestionario:

1. ¿Cuál es el modelo matemático de la presión manométrica P_{man} en función de la profundidad y ?
2. ¿Cuál es el valor de la magnitud del peso específico $|\vec{\gamma}|$ y el de la densidad ρ del fluido empleado?
3. ¿Cuál es el valor promedio de la altura barométrica h_{bar} y cuál el de la presión atmosférica local?
4. Escriba la ecuación que relaciona a las presiones absoluta, manométrica y atmosférica.
5. ¿Con qué parte del modelo matemático obtenido se puede comparar el gradiente de presión?; ¿es la presión una propiedad intensiva? explique.

➤ Conclusiones.

➤ Bibliografía.

Práctica número 7

Algunas propiedades térmicas del agua

➤ Objetivos:

- Obtener los modelos gráficos del calor suministrado Q_{sum} en función del incremento de temperatura ΔT y del calor suministrado Q_{sum} en función de la temperatura T de la sustancia empleada.
- Obtener el modelo matemático del calor suministrado Q_{sum} a una sustancia en función del incremento de temperatura ΔT que ésta experimenta.
- Calcular la capacidad térmica y la capacidad térmica específica de la masa de agua empleada.
- Determinar la temperatura de ebullición del agua en esta ciudad y comprobar que, a presión constante, la temperatura de la sustancia permanece constante durante el cambio de fase.

➤ Equipo y materiales necesarios:

1 calorímetro con tapa, agitador y resistencia de inmersión.
 1 vaso de precipitados de 600 [mℓ]
 agua, 150 [g]
 1 balanza de 0 a 610 [g]
 1 fuente de poder de 0 a 10 [V], con amperímetro y voltímetro
 2 cables de conexión largos, de 1 [m]
 1 termómetros de inmersión de -20 a 150 [°C]
 1 cronómetro digital con resolución de 0.01 [s]

Para uso del profesor:

1 vaso de unicel de 1 [ℓ] con tapa
 1 resistencia de inmersión
 1 termómetro de inmersión de -20
 a 150 [°C]

➤ Actividades sugeridas:

- Medir una masa de 150 [g] del líquido, suficiente para cubrir totalmente la resistencia de inmersión, integrada a la tapa del calorímetro, la cual no debe energizarse si está fuera del líquido cuya temperatura se desea elevar. No olvide verificar la calibración de la balanza.
- Armar el dispositivo experimental mostrado en el diagrama, sin encender aún la fuente de poder, verificar que los dos resistores que forman la resistencia de inmersión estén conectados en serie; es decir uno a continuación del otro.
- Verificar que las dos perillas de la fuente de poder estén totalmente giradas en sentido contrario al movimiento de las manecillas del reloj, colocar el selector de medidor de la fuente en la posición de amperímetro, cerrar el circuito. Con giros pequeños de las dos perillas de la fuente hacer circular una corriente de 2.5 [A], abrir el circuito en este momento sin mover la posición de las perillas.
- Agitar ligeramente el contenido del calorímetro para que las propiedades del líquido sean homogéneas; medir y registrar la temperatura inicial del líquido y tener listo el cronómetro para medir el lapso Δt que ha permanecido energizado el circuito de la fuente y la resistencia de inmersión.
- En el instante $t_0 = 0$: cerrar el circuito, atender al termómetro y poner en operación el cronómetro para registrar el lapso Δt que ha transcurrido desde que se cerró el circuito y en el que se alcanzó en el líquido un incremento $\Delta T = 2$ [°C] = 2 [K] en su temperatura. Agitar suavemente el contenido del calorímetro durante la realización del experimento. No detener el cronómetro cuyo funcionamiento debe ser continuo como el de la fuente de poder.

6. Proceder de manera semejante, cuando el líquido en el calorímetro ha alcanzado un nuevo incremento de $\Delta T = 2 \text{ [}^\circ\text{C]} = 2 \text{ [K]}$. Con el selector de la fuente cambiar a la posición de voltímetro y medir la diferencia de potencial V_{ab} aplicada, la cual no varía de manera importante en el transcurso del experimento.
7. Repetir toda la secuencia para el llenado de la columna Δt_2 .
8. Completar el llenado de la tabla, calculando lo necesario y empleando la expresión proporcionada para evaluar la columna Q_{sum} .

➤ Tabla de datos y mediciones:

T [°C]	ΔT [°C]	Δt_1 [s]	Δt_2 [s]	$\bar{\Delta t}$ [s]	V_{ab} [V]	I [A]	Q_{sum} [J]
$T_0 = T_{\text{amb}}$	0	0	0	0		2.5	0
$T_1 = T_0 + 2^\circ$	2					2.5	
$T_2 = T_1 + 2^\circ$	4					2.5	
$T_3 = T_2 + 2^\circ$	6					2.5	
$T_4 = T_3 + 2^\circ$	8					2.5	
$T_5 = T_4 + 2^\circ$	10					2.5	

donde

T = temperatura de la masa m de agua.

ΔT = incremento en la temperatura inicial del agua: $T_i - T_0$; $1 \leq i \leq 5$ debido a la energía suministrada.

Δt = lapso que ha transcurrido desde $t_0 = 0$ en que se cerró el interruptor del circuito hasta el instante de cada medición.

$\bar{\Delta t}$ = lapsos promedios para cada temperatura.

Q_{sum} = energía en forma de calor suministrada desde $t_0 = 0$ hasta alcanzar cada temperatura T_i .

➤ Expresiones matemáticas necesarias:

$T_i = T_{i-1} + 2^\circ$ para $1 \leq i \leq 5$; $\Delta T = T_i - T_0$;

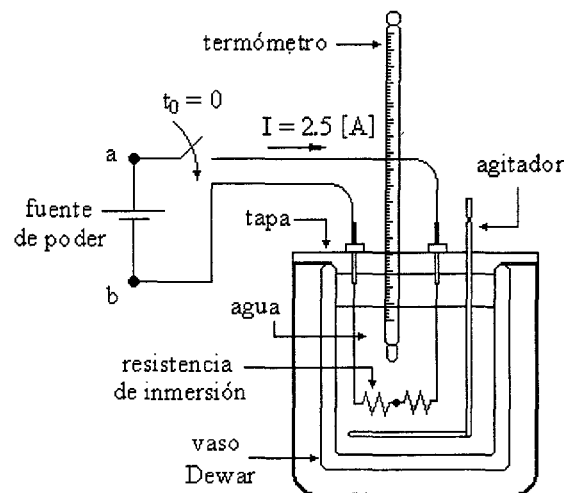
$\Delta t = t - t_0$, para $t_0 = 0$ [s]; potencia eléctrica $P = V_{ab} I$ [W];

$Q_{\text{sum}} = P \Delta t$; $Q_{\text{sum}} = V_{ab} I \Delta t$ [J]

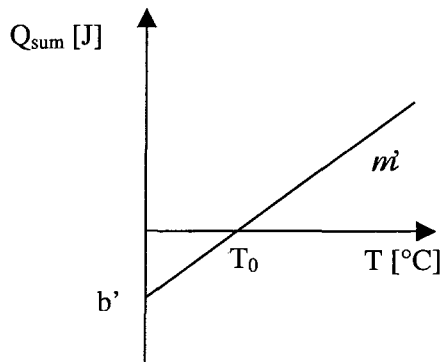
calor sensible $Q = m c \Delta T$; $m c = C$; c = capacidad térmica específica (calor específico);

C = capacidad térmica (capacidad calorífica)

➤ Diagrama:

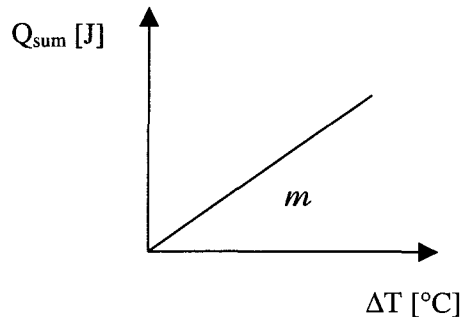


➤ Modelos Gráficos:



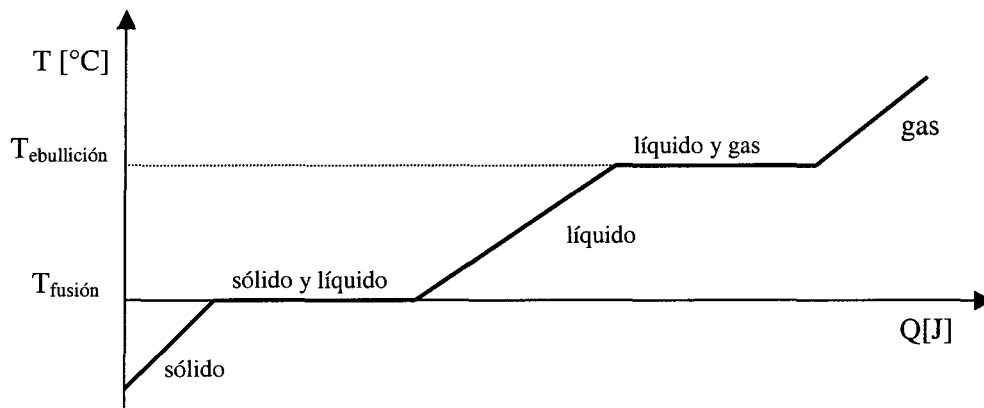
$$Q_{\text{sum}} [\text{J}] = m' [\text{J}/^{\circ}\text{C}]T [^{\circ}\text{C}] + b' [\text{J}]$$

$$m' = \frac{dQ_{\text{sum}}}{dT}$$



$$Q_{\text{sum}} [\text{J}] = m [\text{J}/^{\circ}\text{C}] \Delta T [^{\circ}\text{C}] + b [\text{J}]$$

$$m = \frac{dQ_{\text{sum}}}{d(\Delta T)}$$



➤ Cuestionario:

1. ¿Cuál es el modelo matemático del calor suministrado Q_{sum} en función del incremento de temperatura ΔT del agua?
2. ¿Cuál es el modelo matemático del calor suministrado Q_{sum} en función de la temperatura T del agua?
3. ¿Cómo son las pendientes m y m' entre sí y cuánto valen? y ¿las ordenadas al origen b y b' ?
4. Determinar la capacidad calorífica y la capacidad térmica específica del agua utilizada.
5. ¿Cuál es la temperatura de ebullición del agua a la presión atmosférica de la Ciudad de México?

➤ Conclusiones.

➤ Bibliografía.

Práctica número 8

Leyes de la Termodinámica

➤ Objetivos:

- Verificar el cumplimiento de la ley cero de la Termodinámica.
- Determinar en forma experimental la capacidad térmica específica de un metal (c_m) y su incertidumbre (Δc_m) mediante la aplicación de las leyes cero y primera de la Termodinámica.
- Constatar la validez de la segunda ley de la Termodinámica a través de la observación de la dirección de los flujos de energía.
- Obtener la exactitud del valor experimental de c_m con un valor patrón de tablas de propiedades.

➤ Equipo y materiales necesarios:

- 1 calorímetro (vaso Dewar) con tapa únicamente
- 1 vaso de precipitados de 600 [mℓ]
- 1 vaso de precipitados de 50 [mℓ]
- 1 balanza de 0 a 610 [g]
- 1 parrilla eléctrica con agitador
- agua, $m_{\text{agua}} = 80$ [g]
- $m_{\text{metal}} = \underline{\hspace{2cm}}$ [g]
- 1 termómetro de -20 a 150 [°C]
- 1 jeringa de 10 [mℓ]

➤ Actividades sugeridas:

- Medir la masa del metal disponible (m_{metal}) y determinar su temperatura inicial ($T_{i \text{ metal}}$) la cual se sugiere sea la ambiente. Para esta medición sumergir las monedas en un vaso de precipitados con agua y un minuto después medir la temperatura; ésta será la temperatura inicial del metal. Eliminar el agua y secar perfectamente las muestras del metal.
- Medir una masa de 80 gramos de agua y con la ayuda de la parrilla elevar su temperatura, vigilar la homogeneidad de esta propiedad agitando ligeramente el contenido del recipiente hasta alcanzar los 40 [°C] ($T_{i \text{ agua}}$ sugerida); retirar de inmediato el recipiente de la parrilla.
- Verter el agua al calorímetro y verificar su temperatura inicial, antes de la mezcla con el metal; registrar este dato y colocar con mucha precaución las muestras de metal en el calorímetro y taparlo; agitar suavemente el calorímetro con las manos para conseguir homogeneidad.
- Medir la temperatura (T_{eq}) de la mezcla aproximadamente un minuto después de haberla hecho y registrar ese dato.
- Aplicar la primera ley de la Termodinámica para sistemas termodinámicos estacionarios y aislados; determinar la capacidad térmica específica del metal empleado.
- Repetir toda la secuencia experimental, al menos en dos ocasiones más y calcular la capacidad térmica específica del metal en cada caso.
- Obtener el valor promedio de la capacidad térmica específica del metal y determinar su incertidumbre experimental. Investigar el valor de esta propiedad en la bibliografía recomendada en el programa de la asignatura.

➤ Tabla de datos y mediciones:

experimento	m_{agua} [kg]	m_{metal} [kg]	c_{agua} [J/(kg·ΔK)]	$T_{i \text{ agua}}$ [°C]	$T_{i \text{ metal}}$ [°C]	T_{eq} [°C]	c_{metal} [J/(kg·ΔK)]
1	0.080		4 186	*	**		
2	0.080		4 186				
3	0.080		4 186				

* se sugiere $T_{i \text{ agua}} = 40$ [°C]

** se sugiere $T_{i \text{ metal}} = T_{\text{ambiente}}$

➤ Expresiones matemáticas necesarias:

$Q = m c (T - T_i)$; $\Sigma Q + \Sigma W = \Delta E$; $\Delta E = \Delta E_C + \Delta E_P + \Delta U$; para un sistema estacionario:

$\Delta E_C = 0$ y $\Delta E_P = 0$; para un sistema aislado: $\Delta U = 0$; y como $\Sigma W = 0$. se concluye que $\Sigma Q = 0$;

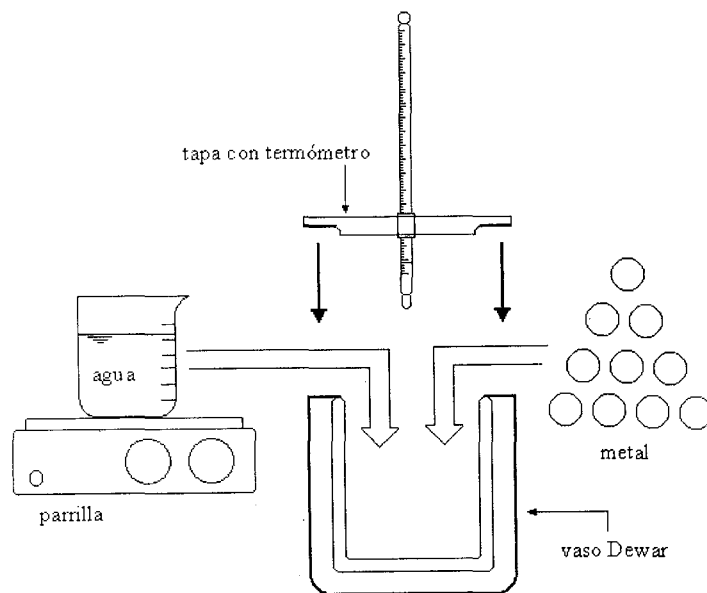
Con la conclusión anterior: $Q_{\text{agua}} + Q_{\text{metal}} = 0$, considerando que $Q_{\text{vaso}} \approx 0$, que $Q_{\text{tapa}} \approx 0$ y $Q_{\text{termómetro}} \approx 0$.

Por lo tanto:

$$m_{\text{agua}} c_{\text{agua}} (T_{\text{eq}} - T_{i \text{ agua}}) + m_{\text{metal}} c_{\text{metal}} (T_{\text{eq}} - T_{i \text{ metal}}) = 0$$

que se puede emplear para calcular c_{metal} en cada experimento.

➤ Diagrama:



➤ Cuestionario:

1. ¿Qué expresa la ley cero de la Termodinámica y cómo se puede verificar su cumplimiento?
2. ¿Cuál fue el valor medio c_m de la capacidad térmica específica del metal empleado?
3. ¿De cuánto resultó la incertidumbre Δc_m en el valor de c_m ?
4. ¿Qué expresa la segunda ley de la Termodinámica y cómo se puede verificar su cumplimiento?
5. ¿Cuál fue la exactitud en el valor experimental de c_m ?

➤ Conclusiones.

➤ Bibliografía.

Práctica número 9

Carga y corriente eléctrica

➤ Objetivos:

- Descubrir e identificar los tipos de carga eléctrica que existen, aplicando la convención de Benjamín Franklin.
- Obtener los modelos gráfico y matemático de la diferencia de potencial V_{ab} entre los extremos de un resistor en función de la corriente eléctrica que circula por dicho elemento.
- Obtener la exactitud en el valor experimental del resistor tomando como valor patrón el dado por el fabricante.

➤ Equipo y materiales necesarios:

1 fuente de poder de 0 a 40 [V] CD con amperímetro digital integrado
1 voltímetro de 0 a 50 [V] CD
6 cables de conexión cortos, de 45 [cm]
1 resistor de alambre
2 nodos de conexión
2 bases de soporte universal
2 varillas de 1 [m]
1 tira de polietileno de 50 [cm] por 3 [cm]
1 cordón de 2 [m]
barras cilíndricas: vidrio, ebonita, PVC y acrílico
frotadores: piel de conejo, seda y franela

➤ Actividades sugeridas:

- Armar los dos soportes universales, colocarlos aproximadamente a un metro de distancia entre ellos y atar el cordón en ambas varillas para que éste quede horizontal.
- Extender la tira de polietileno sobre la mesa y frotarla varias veces con la franela. Colgar la tira de polietileno de manera tal que las caras frotadas queden frente a frente. Observar la repulsión entre las caras de la tira. Este dispositivo experimental constituye un electroscopio.
- Frotar aproximadamente un tercio de la longitud de la barra de hule (ebonita) con la piel (de conejo), en el extremo opuesto al que sirve para sujetarla. Acercar la barra por la parte inferior a la tira de polietileno, sin tocarla y observar el efecto en los extremos de la tira.
- Aplicar la convención de Benjamín Franklin y concluir el tipo de carga de la tira de polietileno ya que la barra de ebonita tiene carga eléctrica negativa después de haber sido frotada con la piel.
- Frotar cada barra con cada uno de los materiales disponibles, acercar la barra con carga eléctrica a los extremos de la tira de polietileno y concluir el signo de la carga de ésta; registrar los resultados en la primera tabla.
- Conectar el circuito representado en el diagrama. Los nodos a y b representan los bornes positivo y negativo, respectivamente, de la fuente de poder. Verificar que ambas perillas de la fuente estén giradas totalmente en sentido contrario al movimiento de las manecillas del reloj y que el selector de la fuente esté colocado en la posición de amperímetro, éste es el que se indica en el diagrama con el símbolo A .
Por el voltímetro V , considerado como instrumento ideal, no circula corriente eléctrica alguna. Con el voltímetro mediremos la diferencia de potencial (voltaje) entre los puntos a y b.

7. Con giros pequeños de ambas perillas de la fuente de poder, graduar la corriente I en la fuente y en el resistor R; para cada valor de corriente eléctrica medir y registrar la diferencia de potencial V_{ab} en el voltímetro.
8. Variar la corriente eléctrica I en forma ascendente, medir y registrar la diferencia de potencial que corresponda a cada valor de I. Repetir las mediciones de corriente y voltaje, ahora en forma decreciente, efectuando las mediciones en forma de zig-zag.
9. Completar el llenado de la segunda tabla con ayuda de las expresiones matemáticas proporcionadas.

➤ Tabla de datos y mediciones:

barra frotador	acrílico	ebonita	PVC	vidrio
franela				
piel		-		
seda				+

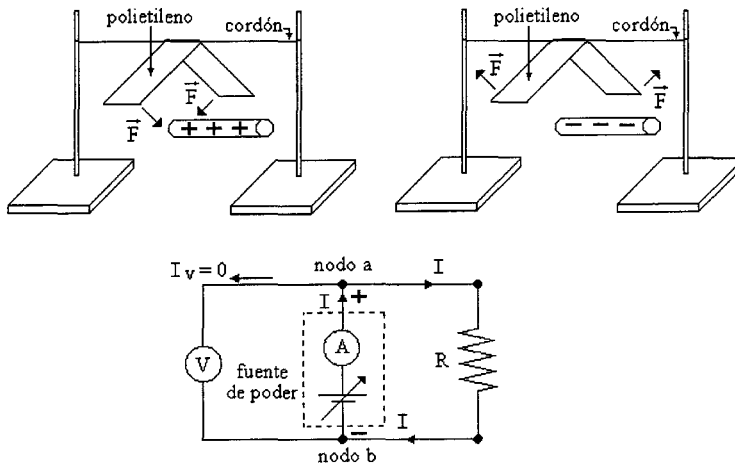
Anotar (+ o -) según sea la carga eléctrica de la barra después de frotarse con cada material

I [A]	V_{ab1} [V]	V_{ab2} [V]	V_{ab3} [V]	\bar{V}_{ab} [V]	ΔV_{ab} [V]	$(\bar{V}_{ab} \pm \Delta V_{ab})$ [V]
0.02						
0.04						
0.06						
0.08						
0.10						
0.12						

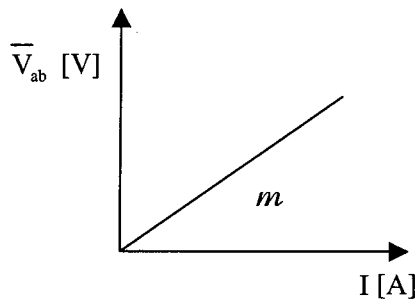
➤ Expresiones matemáticas necesarias:

$$\Delta V_{ab} = \frac{\pm S_V}{\sqrt{n}} ; \quad S_V = \pm \left[\frac{\sum_{j=1}^n (\bar{V} - V_j)^2}{n-1} \right]^{1/2} ; \quad V_{ab} = R I$$

➤ Diagramas:



➤ Modelos Gráficos:



$$V [V] = m [V/A] I [A] + b[V]$$

➤ Cuestionario:

1. ¿Cuáles tipos de carga eléctrica existen? explique cada uno de acuerdo con los electrones que posee.
2. ¿Qué tipo de cantidad física es la carga eléctrica y qué expresa el principio de conservación de la carga?
3. ¿Cuál es el modelo matemático de la diferencia de potencial V_{ab} en función de la corriente eléctrica en el resistor utilizado?
4. ¿Cuál es el valor del resistor empleado, con base en el modelo del inciso anterior?
5. ¿Qué porcentaje de error de exactitud tuvo el valor experimental del resistor empleado?

➤ Conclusiones.

➤ Bibliografía.

Práctica número 10**Fuerza magnética sobre un conductor**➤ **Objetivos:**

- Obtener los modelos gráfico y matemático de la fuerza (\vec{F}_m) de origen magnético que experimenta un conductor, dentro de un campo magnético (\vec{B}), en función de la corriente eléctrica (I) en dicho conductor.
- Analizar y determinar el significado físico de la pendiente del modelo matemático obtenido.
- Determinar el módulo del campo magnético del conjunto de imanes empleado cuando se mantienen constantes la longitud $\vec{\ell}$ del conductor, el campo magnético \vec{B} y el ángulo entre los vectores $\vec{\ell}$ y \vec{B} .
- Determinar la exactitud del valor experimental del campo magnético.

➤ **Equipo y materiales necesarios:**

1 fuente de poder de 0 a 10 [V]
2 cables de conexión largos, de 1 [m]
1 circuito impreso SF42
1 conjunto de imanes permanentes
1 soporte de circuito impreso
1 varilla de 70 [cm]
1 base de soporte universal
1 balanza de 0 a 310 [g] con vernier
1 calibrador vernier
1 brújula
1 cajita con limadura de hierro

Para uso del profesor:

1 teslámetro con punta de prueba transversal

➤ **Actividades sugeridas:**

- Armar el dispositivo experimental mostrado en el diagrama sin encender la fuente de poder, en la cual las dos perillas (de voltaje y de corriente) deberán estar colocadas en el valor mínimo, lo que se consigue girando totalmente ambas perillas en sentido contrario al movimiento de las manecillas del reloj. El selector de la fuente deberá estar en la posición de amperímetro.
- Medir la longitud media ℓ de la parte inferior del circuito impreso en forma de U, como se muestra en el diagrama; verificar si la tableta tiene circuito impreso en ambos lados para determinar la longitud total.
- Verificar la calibración de la balanza y realizar los ajustes necesarios con la perilla de calibración. Colocar la tableta del circuito impreso paralela a los polos del imán pero sin que se toquen o rocen en punto alguno.
- Medir la masa verdadera (m_0) del conjunto de imanes, sin encender la fuente de poder; observar que esta balanza nos permite hacer lecturas con centésimas de gramo utilizando el vernier circular que tiene integrado y que se lee en forma análoga al calibrador vernier (empleado en prácticas anteriores); registrar el valor en la tabla de mediciones el cual corresponde a $I = 0$.
- Con giros pequeños de ambas perillas hacer circular una corriente $I_1 = 0.5$ [A] y registrar el valor de la masa m_1 del imán indicado por la balanza.
- Continuar con los demás valores de corriente I , tomando en cada caso la lectura de la masa del imán. Vigilar que durante todo el proceso de variación de la corriente eléctrica, el circuito impreso se conserve

paralelo a las caras del imán sin tocarlo ni rozarlo dejando siempre al imán en posibilidad de moverse verticalmente.

7. Completar el llenado de la tabla calculando las variaciones (aparentes) de la masa del imán y evaluando la fuerza de origen magnético que actúa sobre él debido al conductor del circuito impreso.
8. Recordar que mediante la aplicación de la Tercera Ley de Newton, el conductor del circuito impreso experimenta una fuerza debida al imán con la misma magnitud de la que actúa sobre el imán debida al conductor pero con dirección opuesta, ambas verticales en este caso.

➤ Tabla de datos y mediciones:

I [A]	masa leída [kg]	$\Delta m = m_i - m_0 $ [kg]	$F_m = (\Delta m \cdot g)$ [N]
0	$m_0 =$		
0.5	$m_1 =$		
1.0	$m_2 =$		
1.5	$m_3 =$		
2.0	$m_4 =$		
2.5	$m_5 =$		

donde m_0 = masa real de los imanes

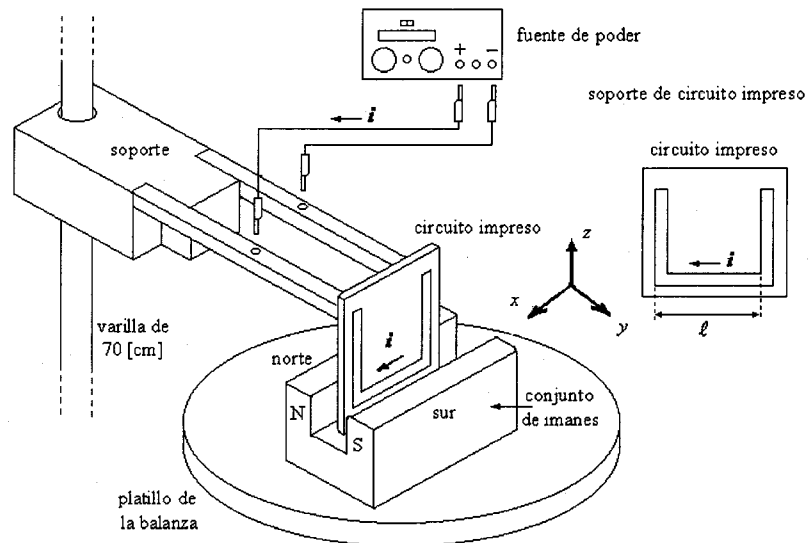
m_i = masa leída, $1 \leq i \leq 5$

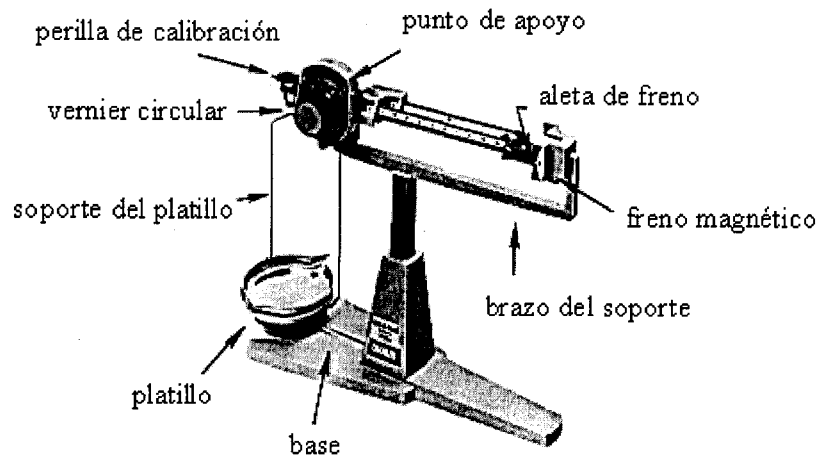
$|\vec{g}| = 9.78 \text{ [m/s}^2\text{]}$

➤ Expresiones matemáticas necesarias:

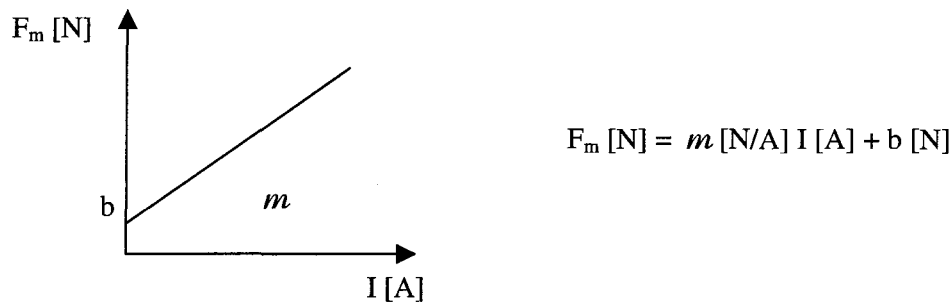
$$\vec{F} = I \vec{\ell} \times \vec{B}; \quad |\vec{F}| = I |\vec{\ell}| |\vec{B}| \text{sen} \alpha; \quad \text{donde } \alpha \text{ es el ángulo entre los vectores } \vec{\ell} \text{ y } \vec{B}.$$

➤ Diagramas:





➤ Modelos Gráficos:



➤ Cuestionario:

1. ¿Cuál es el modelo matemático de la fuerza magnética F_m en función de la corriente eléctrica I en el conductor?
2. ¿Cuál es el significado de la pendiente del modelo matemático del inciso anterior?
3. ¿Qué valor experimental tiene el campo magnético empleado? con base en la pendiente del modelo del inciso 1.
4. ¿Qué porcentaje de exactitud tiene el valor del campo magnético experimental, si se toma como valor patrón el campo B medido con el teslámetro?
5. ¿Para qué valor del ángulo α se tiene la fuerza magnética máxima sobre el conductor? ¿y para la fuerza mínima?

➤ Conclusiones.

➤ Bibliografía.

Práctica número 11

Movimiento ondulatorio

➤ Objetivos:

- Identificar y determinar el periodo τ , la amplitud A , la frecuencia f y la longitud de onda λ en una onda armónica.
- Conocer y observar las ondas estacionarias y los diferentes modos de vibración.
- Obtener los modelos gráficos de la longitud de onda λ en función de la frecuencia f y de la longitud de onda λ en función del periodo τ .
- Obtener el modelo matemático de la longitud de onda λ en función del periodo τ en el movimiento ondulatorio observado.
- Determinar la rapidez de propagación v de las ondas en una cuerda con una tensión F aplicada.

➤ Equipo y materiales necesarios:

1 generador de señales
 2 cables de conexión largos, de 1 [m]
 2 bases universales
 2 varillas de 1 [m]
 1 varilla de 1.5 [m]
 1 varilla de 20 [cm]
 1 impulsor de ondas
 3 tornillos de sujeción
 1 cuerda de longitud ≥ 2 [m]
 1 masa de 100 [g]
 1 masa de 200 [g]
 1 flexómetro
 1 balanza de 0 a 610 [g]

Para uso del profesor:

1 osciloscopio con punta de prueba
 1 generador de señales
 2 cables de conexión largos, de 1 [m]

➤ Actividades sugeridas para el Profesor:

Conectar la salida del generador de señales (bornes rojo y negro) a uno de los canales de medición del osciloscopio. Observar las formas de ondas disponibles en el generador y efectuar las mediciones del periodo (τ) en una onda senoidal de frecuencia 100 [Hz]. Variar la amplitud de la onda en el generador, observar este efecto en la pantalla y medir la amplitud mínima y máxima que podemos obtener del generador de señales.

➤ Actividades sugeridas:

- Armar el dispositivo experimental mostrado en el diagrama sin encender el generador de señales; quitar el seguro que impide el movimiento del impulsor de ondas (poniendo el interruptor en la posición que dice *unlock*). Colocar la varilla de 1.5 [m] a una altura mayor que 40 [cm] de la mesa y se sugiere que la longitud ℓ mostrada sea de un metro, con lo cual la distancia entre las varillas verticales se podrá fijar en aproximadamente 1.1 [m].

- Sujetar la cuerda en la varilla mas cercana al impulsor de ondas y pasarla a través de la ranura de este último; en la otra varilla vertical colocar perpendicularmente la barra de 20 [cm] que se empleará como polea, dejando descansar la cuerda sobre ella; atar la masa m_s que originará la tensión en la cuerda.
- Encender el generador de señales cuidando que la amplitud de la señal sea mínima y disminuir el valor de su frecuencia hasta 2 [Hz], con giros suaves aumentar la frecuencia de la señal que recibe el impulsor de ondas hasta que en la cuerda se produzca el modo $n = 1$, de ondas estacionarias, que se reconoce por formarse un solo lóbulo de longitud ℓ (media onda) entre los dos nodos, siendo éstos los puntos inmóviles de la cuerda. Aumentar la amplitud de la señal del generador para observar mejor el modo de vibración de la cuerda y registrar el valor de la frecuencia en la tabla.
- Aumentar lenta y suavemente la frecuencia hasta encontrar el segundo modo de vibración ($n = 2$), registrar el valor de la frecuencia y el de la distancia 'd' entre dos nodos consecutivos.
- Proceder de manera semejante a la descrita en el paso anterior hasta completar el llenado de la tabla de mediciones y calcular lo necesario con las expresiones matemáticas proporcionadas.

➤ Tabla de datos y mediciones:

n	d [m]	λ [m]	f [Hz]	τ [s]
1				
2				
3				
4				
5				
6				

donde n = modo de vibración

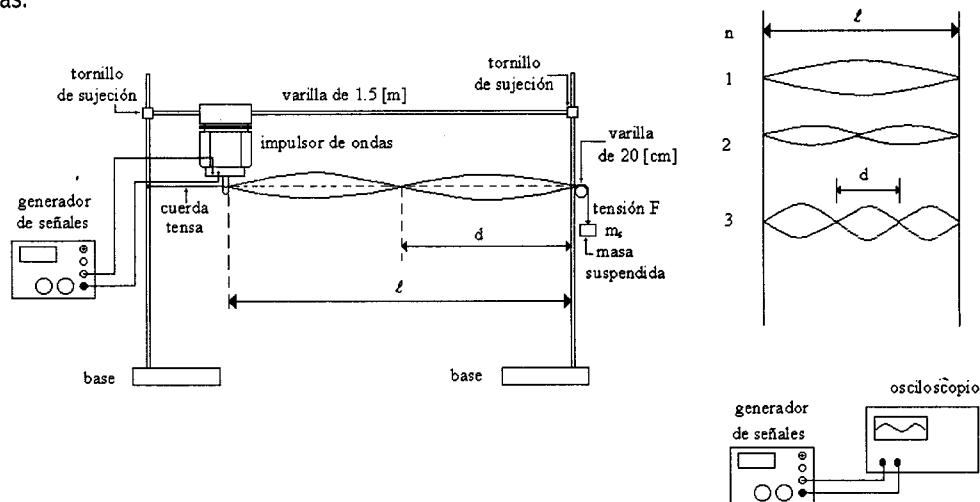
d = distancia entre dos nodos consecutivos

➤ Expresiones matemáticas necesarias:

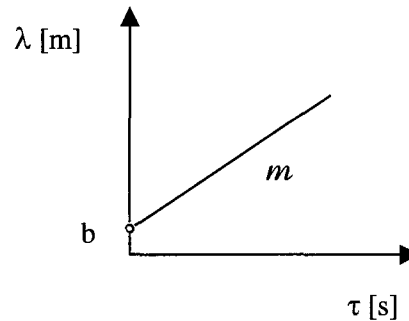
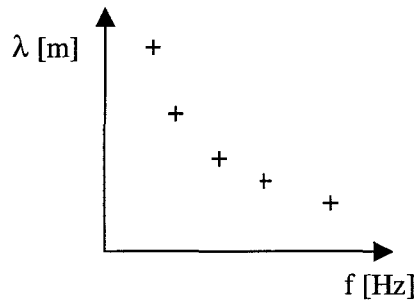
$$f = \frac{1}{\tau}; \quad \lambda = \frac{2\ell}{n}; \quad |\vec{F}| = m_s |\vec{g}|; \quad \mu = \frac{m_{\text{cuerda}}}{\ell_{\text{cuerda}}}; \quad v = \sqrt{\frac{F}{\mu}};$$

$$v = f \lambda; \quad |\vec{g}| = 9.78 \text{ [m/s}^2\text{]} \quad \mu = \text{densidad lineal de la cuerda};$$

➤ Diagramas:



➤ Modelos Gráficos:



$$\lambda \text{ [m]} = m \text{ [m/s]} \tau \text{ [s]} + b \text{ [m]},$$

para $\tau > 0$

$$m = \frac{d\lambda}{d\tau}$$

➤ Cuestionario:

1. ¿Qué tipo de curva resulta la gráfica λ en función de f ?
2. ¿Cuál es el modelo matemático de la longitud de onda λ en función del periodo τ ?
3. ¿Cuál es la rapidez de propagación experimental, con base en el modelo del inciso anterior?
4. ¿Cuál es el valor teórico de la rapidez de propagación de acuerdo con la tensión en la cuerda y su densidad lineal?
5. ¿Cuál es la exactitud del valor experimental de la rapidez de propagación si se toma al valor anterior como valor patrón?

➤ Conclusiones.

➤ Bibliografía.

Práctica número 12**Reflexión, refracción (transmisión) y dispersión de la luz**➤ **Objetivos:**

- a) Obtener los modelos gráfico y matemático del ángulo de reflexión θ_r en función del ángulo de incidencia θ_i de un rayo de luz.
- b) Determinar los valores de los ángulos de transmisión θ_t para ángulos de incidencia θ_i y espesor e de una muestra translúcida de paredes paralelas, conocidos a través de las mediciones de las desviaciones laterales d correspondientes.
- c) Obtener los modelos gráfico y matemático del seno del ángulo de transmisión ($\text{sen } \theta_t$) en función del seno del ángulo de incidencia ($\text{sen } \theta_i$) en un medio translúcido.
- d) Determinar el índice de refracción del material empleado, con base en el modelo matemático del inciso anterior y conociendo que los índices de transmisión del vacío y del aire son 1.0 y 1.00029, respectivamente.
- e) Observar y analizar el fenómeno de la dispersión de la luz blanca

➤ **Equipo y materiales necesarios:**

1 fuente de luz incandescente
1 fuente de láser
1 banco óptico
1 transportador angular
1 portacomponentes estándar
1 portacomponentes especial
1 abertura rectangular
1 pantalla con escala milimétrica
1 espejo de superficie plana
1 placa de vidrio
1 placa de acrílico
1 prisma de vidrio $45^\circ-90^\circ-45^\circ$
1 m² de franela oscura (gris)

➤ **Actividades sugeridas:**

Reflexión de la luz.

1. Colocar sobre el banco óptico, con la escala graduada hacia el frente, la fuente de láser sin encenderla, de manera que su rayo apunte hacia la pared más próxima para evitar incidir en algún compañero del grupo; a aproximadamente, 20 [cm] del láser, colocar sobre el banco óptico el transportador angular y alinearlos longitudinalmente con el banco en la dirección 0° y 180° .
2. Colocar sobre la mesa giratoria, del transportador angular, el portacomponentes especial (el de menor altura) con el espejo plano adherido y frente al láser. Cuidar que el plano del espejo coincida con la línea de dirección 90° y 270° .
3. Encender el láser y verificar el alineamiento del transportador angular y del espejo; como el rayo de luz incide sobre el espejo con un ángulo de cero grados, determinar el ángulo con que se refleja, recordar que los ángulos de incidencia, de reflexión y de transmisión se miden con respecto a la normal de la muestra en el punto de incidencia. Girar 10° la mesa móvil del transportador de manera que el ángulo de

incidencia θ_i sea de 10° , girar el brazo móvil del transportador angular en el cual colocamos la pantalla con escala milimétrica para localizar el rayo reflejado por el espejo; registrar el ángulo entre los rayos incidente y reflejado y por diferencia encontrar el ángulo de reflexión.

- Continuar de la manera descrita para cada uno de los ángulos de incidencia indicados en la tabla de mediciones de la reflexión de la luz; realizar las mediciones de los ángulos de reflexión correspondientes al menos en tres ocasiones y en forma de zig-zag.

Transmisión de la luz (en placas de: vidrio y acrílico)

- Apagar la fuente de láser, retirar del banco óptico el portacomponentes con el espejo y colocar sobre la mesa giratoria la placa de acrílico vigilando que una cara mayor de la placa quede paralela con la línea 90° y 270° de la mesa giratoria.
- Girar el brazo móvil del transportador hasta la dirección 180° ; encender el láser y centrar la pantalla cuando el rayo incide en el dígito 2 de la misma, este número será nuestra referencia para medir las desviaciones laterales "d".
- Girar la mesa del transportador angular, de forma que el ángulo de incidencia sobre el acrílico sea de 10° ; medir la desviación lateral "d" que corresponde a dicho ángulo haciendo una estimación lo más exacta posible.
- Proceder como en el punto anterior para cada ángulo de incidencia registrando la desviación lateral "d" correspondiente.
- Realizar las mediciones de las desviaciones laterales necesarias para el llenado de la tabla. Si es necesario verificar el centrado del haz en la pantalla para el ángulo de incidencia 0° en cada conjunto de mediciones.
- Completar el llenado de las tablas de mediciones de reflexión y transmisión de la luz calculando lo necesario con las expresiones matemáticas proporcionadas.
- Para las mediciones de las desviaciones laterales "d" en el vidrio, se deberá seguir el procedimiento desde el paso 5 hasta el 10 anteriores.

Dispersión de la luz.

- Sustituir la fuente de láser por la de luz incandescente y cambiar la placa de acrílico por el prisma; colocarlo de manera que uno de los catetos coincida con la línea 90° y 270° de la mesa giratoria en la forma en que se muestra en el diagrama.
- Hacer que el ángulo de incidencia de la luz blanca sea $\theta_i < 5^\circ$; colocar el brazo móvil con la pantalla como se muestra en la figura.
- Buscar la dispersión de la luz en la pantalla aumentando ligeramente el ángulo de incidencia y dibujar las franjas de color observadas.

➤ Tabla de datos y mediciones:

Reflexión de la luz

θ_i [°]	$(\theta_i + \theta_r)$ [°]	θ_{r1} [°]	θ_{r2} [°]	θ_{r3} [°]	$\bar{\theta}_r$ [°]	$\bar{\theta}_r$ [rad]
0						
10						
15						
20						
25						
30						
35						

Refracción o transmisión de la luz

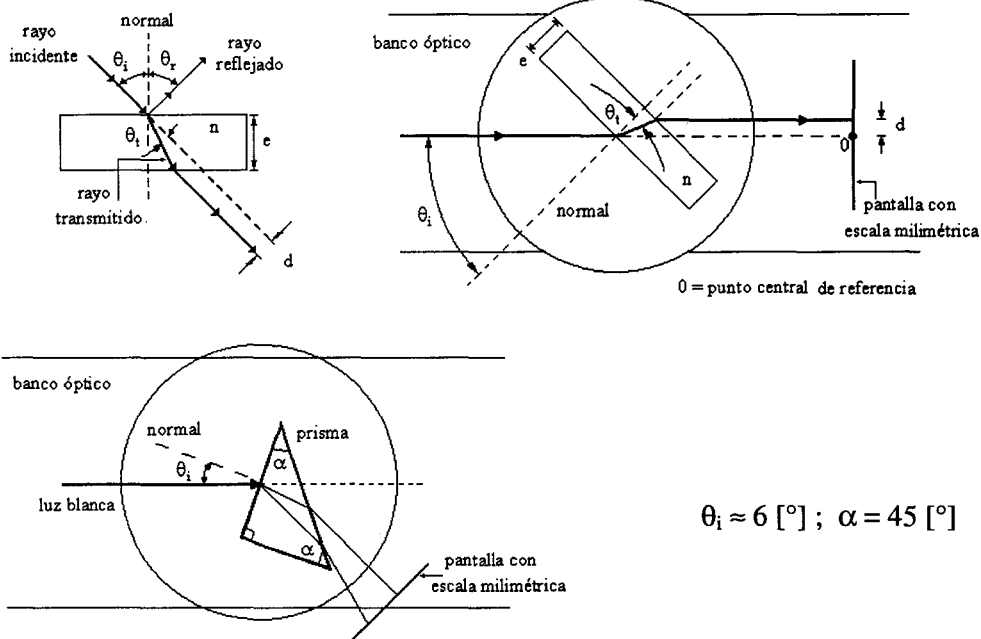
θ_i [°]	d_1 [mm]	d_2 [mm]	d_3 [mm]	\bar{d} [mm]	\bar{d}/e [1]	$\text{sen } \theta_i$	$\text{cos } \theta_i$	$\text{tan } \theta_t$	θ_t [°]	$\text{sen } \theta_t$
0										
10										
15										
20										
25										
30										
35										

donde d = desviación lateral
 e = espesor de la placa en [mm]

➤ Expresiones matemáticas necesarias:

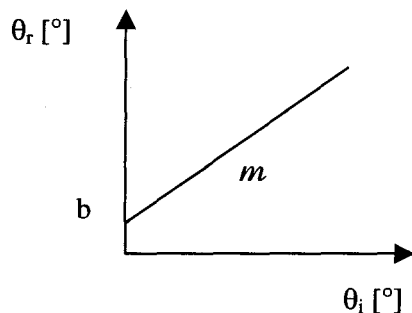
$$\tan \theta_t = \frac{\text{sen } \theta_i - \frac{d}{e}}{\text{cos } \theta_i}; \quad n_x = \frac{c}{v_x}; \quad n_i \text{ sen } \theta_i = n_t \text{ sen } \theta_t$$

➤ Diagramas:



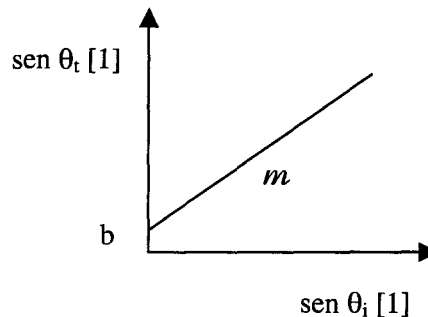
➤ Modelos Gráficos:

Reflexión de la luz



$$\theta_r [^\circ] = m [^\circ/^\circ] \theta_i [^\circ] + b [^\circ]$$

Transmisión de la luz



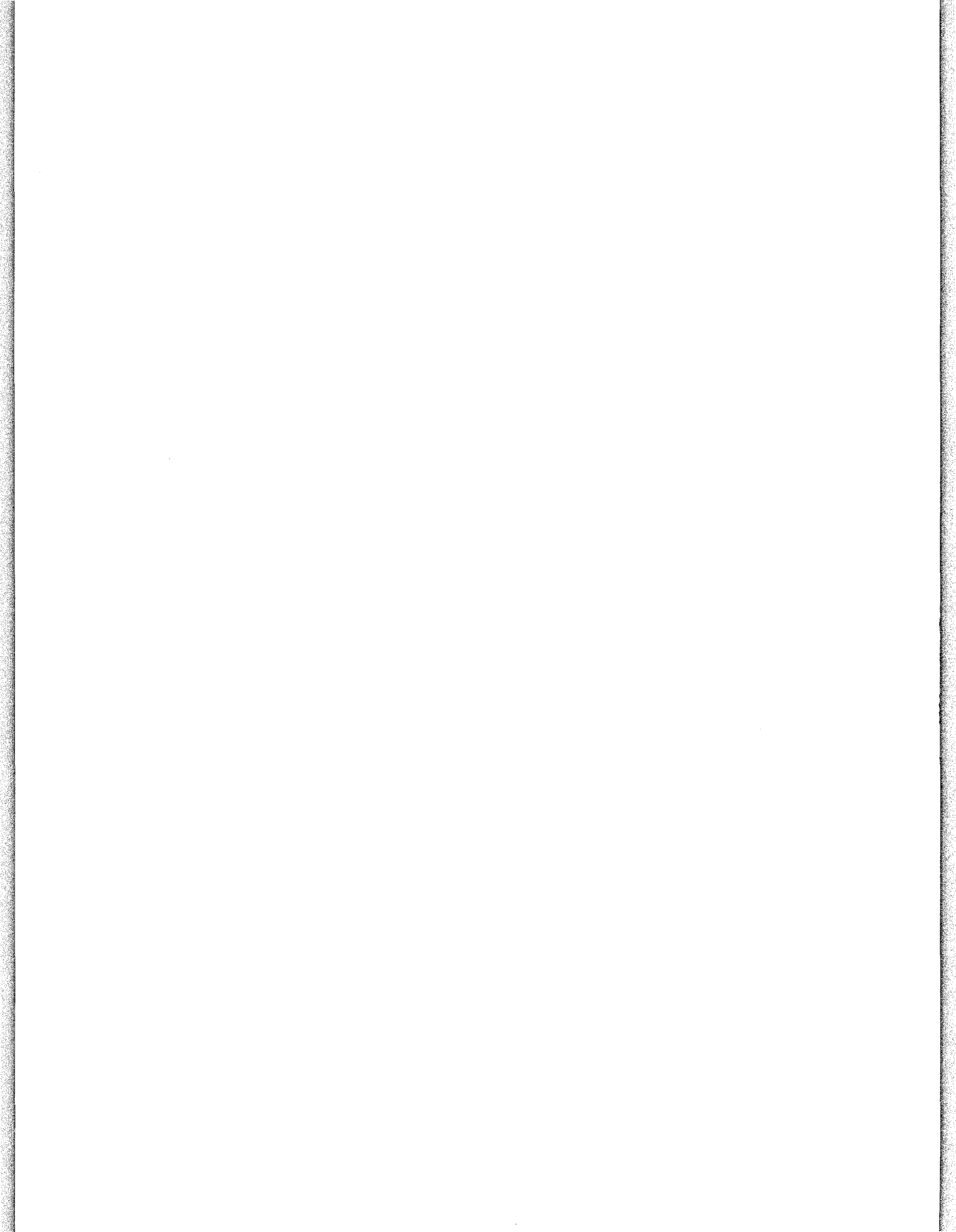
$$\text{sen } \theta_t [1] = m [1] \text{sen } \theta_i [1] + b [1]$$

➤ Cuestionario:

1. De acuerdo con las mediciones y los modelos gráfico y matemático obtenidos para la reflexión de la luz, ¿cómo puede expresarse la ley de la reflexión?
2. ¿Resulta determinante para la observación y medición de la desviación lateral d el espesor e de la placa traslúcida empleada? Explique.
3. ¿Cuál es el modelo matemático obtenido para el $\text{sen } \theta_t$ en función del $\text{sen } \theta_i$, para cada uno de los materiales empleados? ¿Los modelos resultan iguales independientemente del material empleado?
4. Determine el valor experimental del índice de transmisión n de cada material empleado con base en los modelos matemáticos del inciso anterior.
5. Dibuje y colorea esquemas que muestren el fenómeno de la dispersión de la luz y el fenómeno de la reflexión total interna al transmitir un haz luminoso en un prisma.

➤ Conclusiones.

➤ Bibliografía.



Esta obra se terminó de imprimir
en noviembre de 2003
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
más sobrantes de reposición.