

PRACTICA Nº 1: MEDICIONES

OBJETIVOS:

1. Determinar la apreciación de diversos instrumentos de medición indicando su significado.
2. Desarrollar destrezas en la utilización de instrumentos de medición.
3. Determinar el Error absoluto, Relativo y Porcentual, cometido en una medida.
4. Expresar las medidas con su correspondiente precisión.

MATERIALES A UTILIZAR

Regla graduada	Péndulo Simple
Cilindro graduado	Alambre metálico fino
Termómetro	Trípode
Cronómetro	Soportes
Dinamómetro	Doble nuez
Balanza	Nuez con gancho
Vernier	Cables de conexión
Micrómetro	Resistor fijo
Voltímetro	Interruptor
Amperímetro	Generador de corriente continua
Cilindro metálico macizo	

TEORIA RELACIONADA

La ciencia está basada en principios y conceptos básicos que han sido deducidos a partir de mediciones obtenidas a través de experimentos.

La medición, es una técnica por medio de la cual se compara una magnitud física con otra cantidad de magnitud de la misma especie, previamente elegida como unidad. Es importante señalar que la magnitud a medir y la unidad de medición, deben determinar las mismas propiedades de los cuerpos y solo diferirán en su valor numérico.

Los elementos que integran un proceso de medición son los siguientes:

- El sistema Objeto mensurable o medible (Magnitud física)
- El sistema de medición (Observador e instrumentos)
- El sistema de comparación (Unidad de medida)

APRECIACION DE UN INSTRUMENTO DE MEDICION

Es la Menor lectura que puede hacerse en una escala, es decir, **la menor medida que puede realizarse con un instrumento de medición.**

PROCEDIMIENTO PARA DETERMINAR LA APRECIACION DE UN INSTRUMENTO

1. Hacer dos lecturas consecutivas en la escala del instrumento, anotar estas lecturas, discriminándolas como Lectura Mayor (LM) y lectura menor (Lm).
2. Determinar el numero de divisiones existentes entre las lecturas seleccionadas.
3. Aplicar la siguiente formula para calcular la apreciación del instrumento.

$$A = \frac{LM - Lm}{N^o}$$

Donde:

LM = Lectura Mayor

Lm = Lectura menor

N = Numero de divisiones entre las lecturas.

CIFRAS SIGNIFICATIVAS

Es el número de dígitos dignos de confianza en la medida.

ERROR ABSOLUTO. (Ea)

Es el valor absoluto de la diferencia entre el valor aproximado obtenido mediante una medición y el valor exacto de una magnitud física.

Sea:

V₀ = Valor obtenido e un proceso de medición.

V = Valor exacto de una magnitud física.

Ea = Error Absoluto

Entonces: $| V - V_0 | < Ea$

Por tanto:

El valor exacto de una magnitud física se puede expresar de la siguiente manera:

$$V = V_0 \pm Ea$$

Resultado que representa un intervalo y que será menor mientras mas precisa sea la medida.

Para efectos prácticos se puede determinar como error absoluto una fracción de la apreciación del instrumento, dependiendo esto de la visualización permitida por el distanciamiento entre las divisiones más pequeñas del mismo. En el caso de los instrumentos utilizados en nuestro laboratorio, el error absoluto también puede expresarse como **$E_a = A/2$**

TEORÍA DE ERRORES

1. ERRORES SISTEMATICOS O DETERMINADOS:

Errores que se caracterizan por ser constantes a través de un conjunto de medidas. Suelen clasificarse en:

- **Errores instrumentales:** Originados por deficiencias en los instrumentos de medición.
- **Errores ambientales:** Debidos a las condiciones externas del dispositivo de medida.

2. ERRORES PROPAGADOS:

Errores originados al realizar mediciones indirectas de cantidades físicas. Existen cuatro teoremas para determinarlos.

3. ERRORES ACCIDENTALES:

Errores debidos a causas diversas. Estos errores pueden calcularse por métodos estadísticos, siguiendo el siguiente procedimiento:

- Realización de una medición “n” veces, bajo las mismas condiciones, arrojando los valores $x_1, x_2, x_3, x_4, \dots, x_n$
- Se obtiene el valor mas probable mediante el siguiente calculo: $\bar{X} = \frac{\sum X_i}{N}$

N

- Se calcula el error o incertidumbre, usando algunos de métodos que se muestran a continuación:
 - METODO LINEAL

- METODO DEL PROMEDIO ARITMETICO
- METODO DE LOS MINIMOS CUADRADOS

1. METODO LINEAL

$$E = \frac{X_s - X_i}{2}$$

Donde X_s y X_i = Valores extremos superior e inferior de la serie de medidas.

El valor real de la medida es uno de los comprendidos en la formula:

$$X_{\text{real}} = X \pm E$$

2. METODO DEL PROMEDIO ARITMETICO

$$E = \frac{\sum X_i}{N}$$

Donde E es el error medio aritmético, entonces el resultado de la media es:

$$X_{\text{real}} = X \pm E$$

3. METODO DE LOS MINIMOS CUADRADOS

Viene dado por la expresión

$$E_m = \frac{\sqrt{\sum d_i^2}}{N}$$

Donde E_m es el error cuadrático medio y “n” el numero de mediciones realizadas.

Indica el grado de dispersión respecto al valor mas probable. La medida se expresa como:

$$X_{\text{real}} = X \pm E_m$$

ACTIVIDADES EN EL LABORATORIO

ACTIVIDAD N°1

Determinar la apreciación de los diversos instrumentos de medición.

A continuación se presenta un cuadro donde el alumno debe señalar la apreciación de los diversos Instrumentos a utilizar.

INSTRUMENTO	MAGNITUD FISICA QUE MIDE	UNIDAD DE MEDICIÓN	CALCULO DE LA APRECIACION	APRECIACION DEL INSTRUMENTO
REGLA GRADUADA				
CILINDRO GRADUADO				
CRONOMETRO				
TERMOMETRO				
DINAMOMETRO				
BALANZA				
CALIBRADOR O VERNIER				
MICRÓMETRO				
AMPERIMETRO				
VOLTIMETRO				

ACTIVIDAD N° 2

Determinar la medida directa y la correspondiente incertidumbre de las siguientes magnitudes físicas. Completar el siguiente cuadro

Magnitud física a medir	Apreciación del instrumento con que se	Valor obtenido	Error absoluto $E_a = A/2$	MEDIDA $V = V_0 \pm E_a$	Error relativo $E_r = E_a/V_0$	Error porcentual $E\% = E_r \times 100$
-------------------------------	---	-------------------	----------------------------------	-----------------------------	--------------------------------------	--

	mide					
Longitud de un lado del mesón						
Tiempo requerido para que el péndulo realice 5 oscilaciones						
Volumen de agua contenido en el Cilindro						
Temperatura del agua contenida en el cilindro						
Masa del taco de madera						
Peso de la esfera metálica						
Radio de la esfera de vidrio						
Radio interno del cilindro						
Amperío						
Voltio						

POST-LABORATORIO . PRACTICA N° 1

1. Que significa medir una magnitud física?
2. Cuales son las magnitudes Físicas fundamentales utilizadas con mas frecuencia?
3. Al realizar una medición de una longitud con un Vernier y con una regla graduada, con cual de los dos instrumentos cree Ud. Se obtiene una medición mas precisa? Justifique su respuesta.

4. Señale Ud. con que instrumento de medición se puede obtener una medición precisa de: el espesor de una hoja de papel, el diámetro externo de un cilindro graduado, la profundidad de la tapa de un marcador de pizarra, la longitud de un pitillo.

5. Al medir el espesor de una lámina de aluminio delgada, ¿con cual instrumento de medición arrojará una medida mas precisa: Al usar el Vernier cuya apreciación es de 0,02 mm, el tornillo micrométrico cuya apreciación es de 0,01 mm o al usar una regla graduada de 0,1 cm de apreciación?

6. Si al hacer 2 medidas de una misma medición se obtienen los siguientes valores

$L_1 = 10,5 \pm 0,1 \text{ cm}$ $L_2 = 10,56 \pm 0,01 \text{ cm}$ ¿Cuál de los dos es la mas precisa?

7. Determine el perímetro de un taco de madera .Indique si esta medición corresponde a una medida directa o indirecta. Exprese la medida en términos de su error absoluto ($P = P_0 \pm E_a$)

8. Determine el área y el volumen del taco de madera. Exprese cada uno de sus lados en términos de su error absoluto ($L = L_0 \pm E_a$) ($A = A_0 \pm E_a$) (Largo, Ancho)

9. Determine el Volumen de la esfera de vidrio ($V = \frac{4}{3} \pi r^3$)

10. Determine el Volumen y el diámetro de la esfera de hierro ($V = \frac{4}{3} \pi r^3$)

11. Si una hoja de papel tiene las siguientes medidas

$L_1 = 20 \pm 0,01 \text{ cm}$; $L_2 = 32,5 \pm 0,01 \text{ cm}$. Determine el Perímetro y el Área de la hoja. Exprese los resultados en términos de su error absoluto.

Nota: SIN EXCEPCION, Es obligatorio entregar el post-Laboratorio de la Practica N° 1 antes de iniciar la practica N° 2

Facilitadora: Ing. Yira Rodríguez

PRACTICA N° 2

ANÁLISIS GRAFICO – FUNCIONES LINEALES

OBJETIVOS
<ul style="list-style-type: none">• Desarrollar destrezas en la representación grafica de datos experimentales.• Utilizar correctamente las escalas en una representación grafica en papel milimetrado.• Obtener la ecuación empírica o expresión matemática que describe la relación lineal entre dos variables mensurables.• Verificar la ecuación empírica que describe la relación lineal entre dos variables mensurables.

MATERIALES A UTILIZAR

Papel milimetrado	Datos experimentales
Juego de Escuadras	Regla

TEORIA RELACIONADA

Los experimentos en física requieren la representación grafica de los valores que intervienen en el fenómeno objeto de estudio, así como la Ley que lo rige, por ello, los datos obtenidos en un experimento deben ser procesados de diferentes maneras, siendo el análisis grafico una de las técnicas más utilizadas.

Las graficas pueden trazarse en diferentes tipos de papel, dependiendo del caso, usándose generalmente papel cuadriculado, milimétrico, polar, doblemente logarítmico, semi-logarítmico, entre otros.

En el análisis de un fenómeno de investigación pueden intervenir varias variables, sin embargo, este se realiza haciendo variar solo dos de las variables que intervienen, manteniendo las demás constantes, con el objeto de determinar cuantitativamente la influencia que existe entre ellas.

TIPOS DE VARIABLES

- **VARIABLE INDEPENDIENTE:**

Es aquella variable que el investigador maneja libremente

- **VARIABLE DEPENDIENTE:**

Es aquella variable cuyo valor depende de la variable independiente.

TRAZADO DE GRAFIICAS EN COORDENADAS CARTESIANAS:

1. Se trazan ejes o rectas perpendiculares entre si, (que formen entre si un ángulo de 90°) teniendo en consideración que la Variable INDEPENDIENTE se representa en el eje Horizontal o eje de las ABSCISAS, y la Variable DEPENDIENTE es colocada en el eje Vertical o eje de las ORDENADAS.

EJE DE LAS ORDENADAS
"VARIABLE DEPENDIENTE"
EJE Y



EJE DE LAS ABSCISAS
"VARIABLE INDEPENDIENTE"
EJE X

2. La distribución de las líneas de ejes dependerán de la naturaleza de los datos

<p>TODOS LOS DATOS POSITIVOS</p>	<p>DATOS POSITIVOS Y NEGATIVOS EN AMBAS VARIABLES</p>
<p>DATOS POSITIVOS Y NEGATIVOS EN VARIABLE INDEPENDIENTE DATOS POSITIVOS EN VARIABLE DEPENDIENTE</p>	<p>DATOS POSITIVOS EN VARIABLE DEPENDIENTE Y NEGATIVOS EN VARIABLE INDEPENDIENTE</p>

3. La identificación de los ejes debe hacerse con la variable y sus unidades correspondientes.

4. La selección de las escalas debe hacerse de tal manera que los datos queden distribuidos uniformemente en el papel, con el objeto de facilitar el análisis de la curva. También debe considerarse la utilización de escalas de fácil manejo, para permitir la correcta ubicación y lectura de los datos; por ejemplo, tomar 1 cm de papel equivalente a 1,2,5,10 unidades o múltiplos o sub-múltiplos de ellas.

5. Con la ayuda de la tabla de datos se ubican los puntos correspondientes, los cuales deben trazarse lo más pequeños y nítidos posibles, rodeados de una pequeña circunferencia que indicará la incertidumbre del valor.

6. Para el trazado de la curva, la cual podría ser una línea recta, se unen los puntos de tal manera que toque la mayoría de los puntos. Cuando los puntos se encuentran “fuera de la recta que teóricamente debería dar” esto sugiere la existencia de errores, en cuyo caso se debe proceder con alguno de los métodos existentes para obtener la recta de ajuste; recordando que tales métodos pueden ser: (el mas comúnmente usado) el Método Gráfico: Consiste en trazar una recta que toque la mayor cantidad de puntos representados en el grafico. También el Método de los promedios; el Método de representación por tanteo y el Método de los mínimos cuadrados.

Inicialmente se hace un trazado de la curva con tonalidades claras para facilitar su corrección y finalmente se traza la curva con tonalidad más oscura para demarcar la curva o recta que representa el fenómeno.

7. En algunos casos es necesario la consecución de valores que no aparecen en la tabla de datos; para ello se efectúan las llamadas INTERPOLACIONES o EXTRAPOLACIONES.

Las INERPOLACIONES, se refieren a valores que se encuentran dentro del intervalo experimental y las EXTRAPOLACIONES se refieren a los valores que se encuentran fuera del intervalo experimental.

8. El trazado en papel milimetrado puede sugerir varios tipos de representaciones. Si la grafica es un RECTA, la proporcionalidad entre las variables es directa y la representación grafica correspondería a una función Lineal.

ACTIVIDAD N°1

Dada la función $Y = m X$

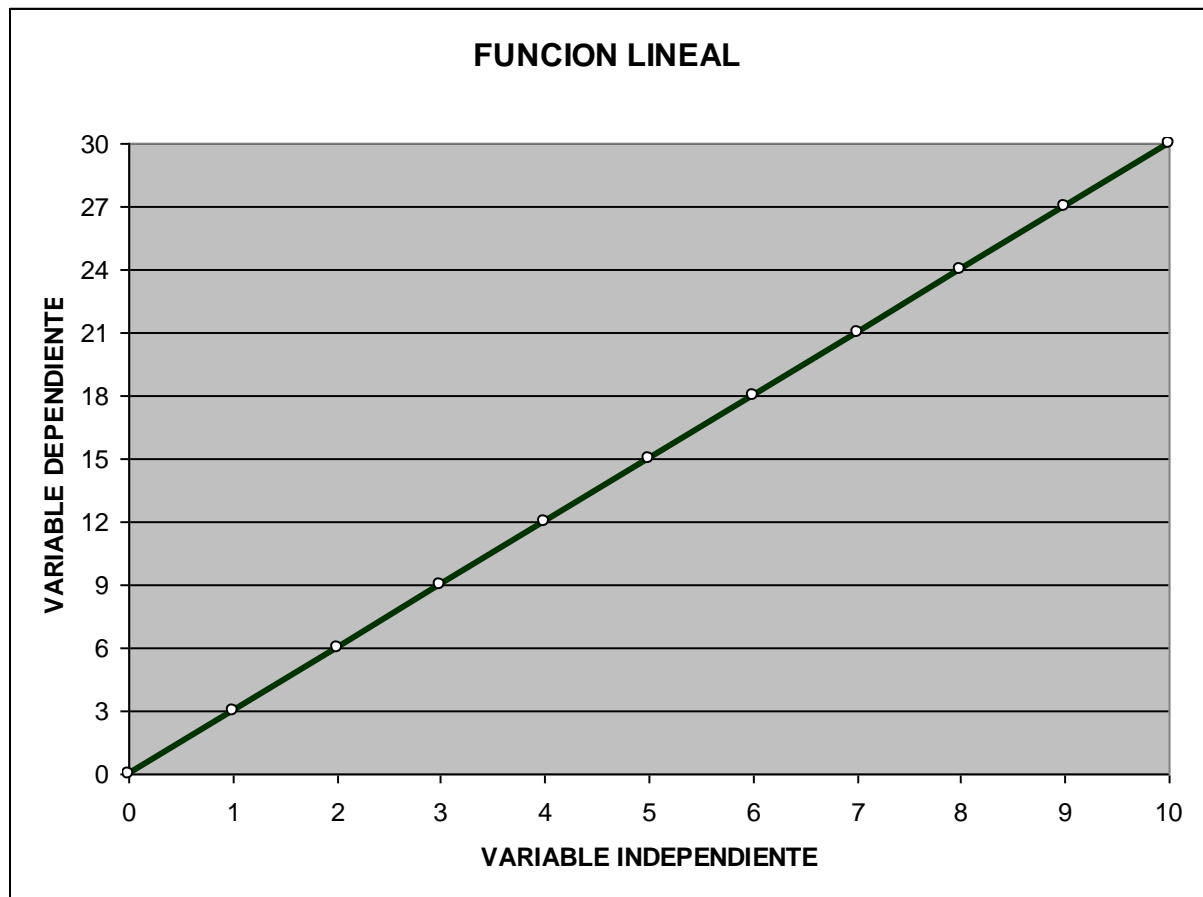
Donde $m =$ es la constante de proporcionalidad (es la pendiente de la recta)

Esta ecuación nos indica que la variable “Y” es directamente proporcional a la variable “X”, la cual se denota como . $Y \propto X$

Siendo $m= 3$, tenemos la siguiente tabla de datos:

X	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Y	0	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30

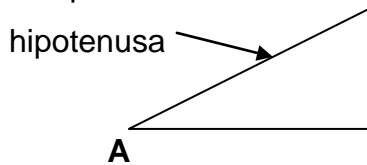
Al representar estos datos, se obtiene una grafica como la mostrada en la figura.



Ecuación de la Función: $Y = 3 X$

PROCEDIMIENTO PARA CALCULAR LA PENDIENTE DE UNA RECTA

1. Elija dos puntos cualesquiera A y B de la recta obtenida al graficar la tabla de datos.
2. Trace un triángulo rectángulo cuya hipotenusa sea el segmento de recta comprendido entre los dos puntos



3. Relacione el incremento Vertical “ ΔY ” con el incremento Horizontal “ ΔX ”

$$\frac{\Delta Y}{\Delta X} = \frac{18-6}{6-2} = \frac{12}{4} = 3$$

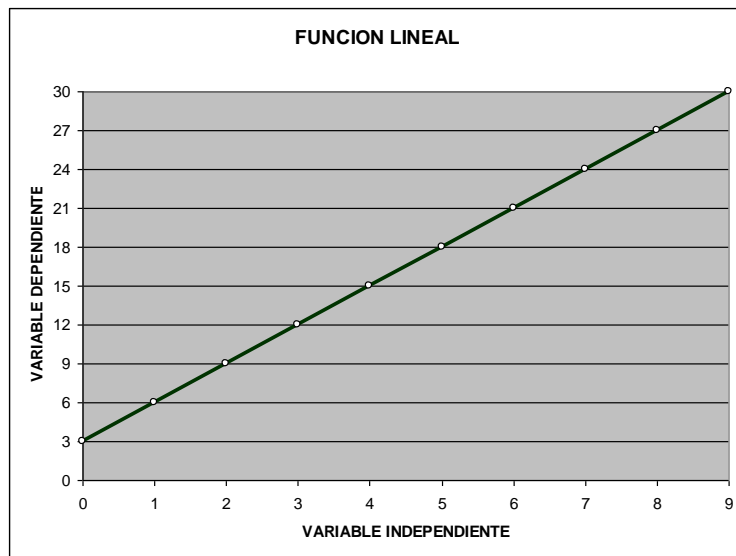
A la relación anterior se denomina “Pendiente de la recta” y coincide con el valor “m” dado como constante de proporcionalidad entre las dos variables.

Si hubiese escogido otro par de puntos, el valor de m permanece constante ya que **“la pendiente de una recta es constante en todos sus puntos”**

Este procedimiento también es aplicado en funciones que sin ser directamente proporcionales, su representación genera una línea recta. Siendo su formula general **$Y = mX + b$**

Donde m es la pendiente y b es la ordenada en el origen
es decir : b es el valor de Y cuando $X = 0$.

Ejemplo Si $b = 3$ y $m = 3$, la función resultante será **$Y = 3X + 3$** y su representación grafica es la siguiente:



ACTIVIDADES EN EL LABORATORIO

ACTIVIDAD N°1

La siguiente tabla de datos se obtuvo al realizar las medidas de las masas de ciertos volúmenes de hierro.

V (cm ³)	1,5	2,6	4,0	5,5	6,2	7,3	8,5	9,0
M (gr)	11,7	20,5	31,5	44,0	50,0	57,5	67,0	70,5

1. Efectúe la selección de las variables de la manera mas conveniente.
2. Represente las variables en papel milimetrado siguiendo las instrucciones previamente señaladas.
3. Determine la pendiente y la ordenada (y) en el origen (x=0)
4. ¿En que unidades viene expresada la pendiente?
5. ¿Qué representa físicamente la pendiente?
6. Establezca la relación funcional (Ecuación empírica) entre las variables
7. ¿Qué puede Ud concluir una vez realizada ésta actividad?

ACTIVIDAD N° 2

Al medir la longitud de la circunferencia para diferentes valores de radio se obtuvo la siguiente tabla de datos:

R (cm)	10	25	35	45	60	72	80
L (cm)	62,8	156,5	222,0	282,0	375,0	452,0	502,0

1. Efectúe la selección de las variables de la manera mas conveniente.
2. Represente las variables en papel milimetrado siguiendo las instrucciones previamente señaladas.
3. Determine la pendiente y la ordenada (y) en el origen (x=0)
4. ¿En que unidades viene expresada la pendiente?
5. ¿Qué representa físicamente la pendiente?
6. Establezca la relación funcional (Ecuación empírica) entre las variables
7. ¿Qué puede Ud concluir una vez realizada ésta actividad?

ACTIVIDAD N° 3

1. Represente gráficamente en papel milimetrado la función **$Y = -5X + 2$**
Complete la tabla de datos considerando los siguientes valores para **X**

X (cm)	1	2	3	8	10	12	14

2. Verifique la ecuación empírica obtenida, comprobando que los valores de la pendiente y la ordenada en el origen (b) coinciden con los valores dados en la ecuación. **$Y = -5X + 2$**

POST-LABORATORIO N° 2

1. ¿Cuales son los elementos que debe contener toda grafica de datos experimentales?
3. ¿Cuáles son los criterios a seguir para la selección de escalas?
4. Cuales son los criterios a seguir para la Ubicación de las variables?
5. ¿Qué significa el hecho de que no siempre los puntos representados estan sobre la curva obtenida?
6. ¿Cuál es la ecuación general de una recta que NO pasa por el origen?
7. ¿Cuál es la ecuación general de una recta que pasa por el origen?
8. ¿Cuál es la expresión de una función de proporcionalidad Directa?
9. ¿Cómo se calcula pendiente de una recta?
10. ¿Dependerá el valor de la pendiente de los puntos A y B seleccionados para calcularla?
11. Si dos alumnos trazan una misma grafica de una función lineal, pero tomando escalas diferentes. ¿Cómo serian las rectas obtenidas?
12. ¿Variará el valor de la pendiente al variar la escala de la grafica?
13. ¿Qué se puede inferir si al graficar los Datos, la linea obtenida es una RECTA?
14. ¿Qué podemos esperar al graficar los datos de un experimento cuya relacion funcional es del tipo $Y = mX + b$
15. Mencione 3 aplicaciones del Análisis Gráfico
16. ¿Qué podemos esperar al graficar los datos experimentales en donde la relacion funcional es del tipo $X.Y = K$
17. ¿Cuándo 2 cantidades son Inversamente proporcionales, su producto es constante?
18. Grafique las siguientes tablas de valores.

NOTA IMPORTANTE: Estas graficas se realizaran como una actividad previa a la siguiente sesión de laboratorio. (Antes de la practica N° 3). Deben realizarlas individualmente y traerlas elaboradas, pero no deben incluirlas en el informe de Post-laboratorio de la Practica N° 2.

a) En la investigación de la Ley que rige la Fuerza de atracción entre dos masas m_1 y m_2 separadas entre si por una distancia d . Al estudiar el fenómeno

se obtuvieron los siguientes valores, los cuales están resumidos en la siguiente tabla de datos.

$$F = f(d)$$

d (m)	1	2	4	5	8	10
F (Newton)	135,0	33,0	8,3	5,3	2,1	1,4

b) Dada los siguientes valores contenidos en la tabla de datos:

$$I = f(t)$$

I (Amp)	20	23	29	42	55	70	89	185	270
t (seg)	18	27	36	54	66	78	90	118	136

PRACTICA Nº 3

ANÁLISIS GRAFICO – FUNCIONES NO LINEALES

OBJETIVOS

- Desarrollar destrezas en la representación gráfica de datos experimentales.
- Utilizar correctamente las escalas en una representación gráfica en papel doblemente logarítmico.
- Obtener la ecuación empírica o expresión matemática que describe la relación no lineal entre dos variables mensurables en una gráfica potencial.
- Validar o verificar la ecuación empírica obtenida para la descripción de una función no lineal entre dos variables mensurables en una gráfica potencial.
- Utilizar correctamente las escalas en una representación gráfica en papel Semi-logarítmico.
- Obtener la ecuación empírica o expresión matemática que describe la relación no lineal entre dos variables mensurables en una gráfica exponencial.
- Validar o verificar la ecuación empírica obtenida para la descripción de una función no lineal entre dos variables en una gráfica exponencial.

Materiales:

- Gráficas previamente elaboradas en papel milimetrado como actividad del post-laboratorio Práctica Nº 2.
- Papel doblemente logarítmico.
- Papel semi-logarítmico.
- Reglas, escuadras y plantilla de curvas.

Teoría relacionada:

Como se había mencionado en la práctica anterior, los experimentos en Física requieren la presentación de las variables que intervienen en el fenómeno objeto de estudio, así como la ley que lo rige, por ello, los datos obtenidos en un experimento son procesados de diferentes maneras, siendo el análisis gráfico una de las técnicas más utilizadas. Prosiguiendo en este orden de ideas corresponde en esta práctica la representación gráfica de experimentos cuyas variables están relacionadas de manera potencial o exponencial.

Por lo anteriormente expuesto, se ha considerado necesario revisar algunos conceptos fundamentales relacionados con estos dos tipos de funciones.

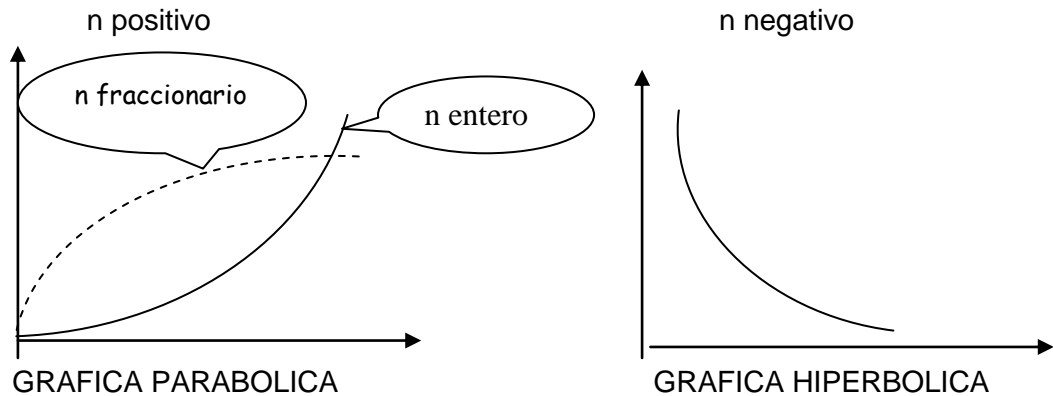
Función Potencial:

Forma general:
$$Y = K X^n$$

Donde:

- Y : variable dependiente
- X : variable independiente
- K : constante de proporcionalidad ($K \neq 0$)
- n : número positivo o negativo (función directa ó inversa)

Siendo su representación en papel milimetrado:



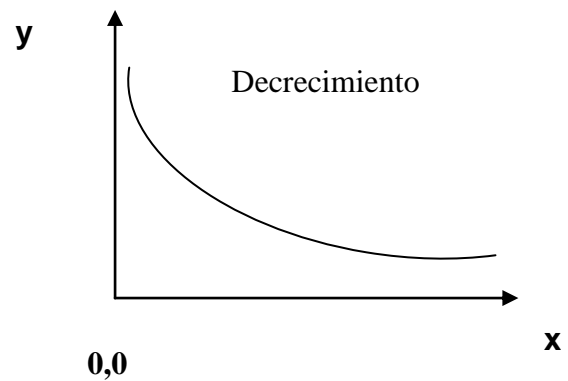
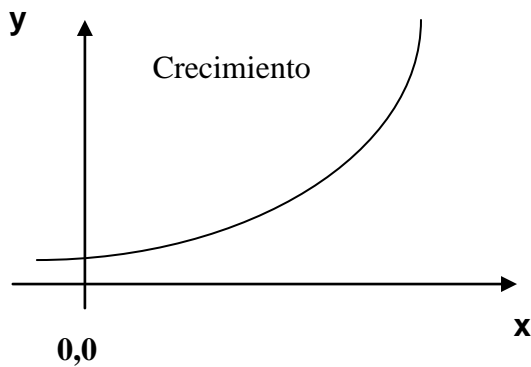
- Para rectificar estas curvas se utiliza el papel doblemente logarítmico ó papel log-log que evita engorrosos procedimientos para conseguir la línea recta y por consiguiente la obtención de la ecuación empírica del experimento estudiado.

Función Exponencial:

Forma general: $Y = K b^{\pm nx}$

Donde:

Y : variable dependiente
 X : variable independiente
 K : valor inicial de la variable independiente
 n : constante de proporcionalidad y determina crecimiento (+)
 o decrecimiento (-) de la función.



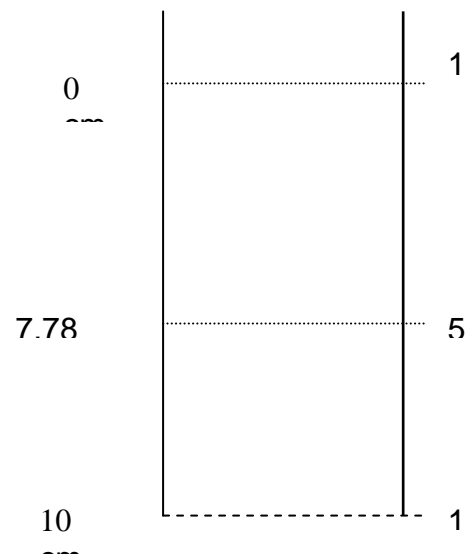
Las gráficas obtenidas en papel milimetrado que posean esta forma sugieren la presencia de una función exponencial, cuya rectificación es realizada en papel semi logarítmico o semi-log como se le conoce comercialmente.

Escala logarítmica:

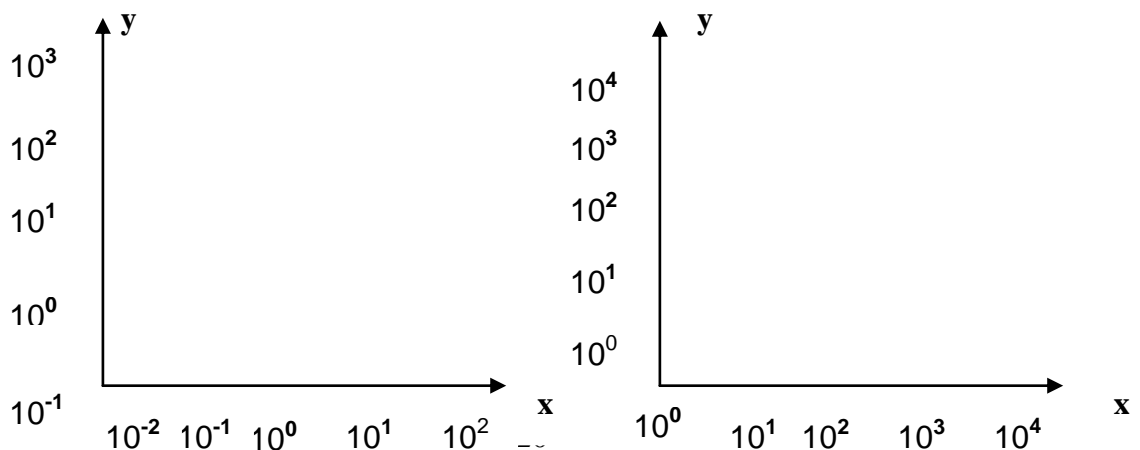
Se ha considerado importante describir someramente la construcción de la escala logarítmica.

- La escala logarítmica es construida en base a logaritmos del 1 al 10 (ambos inclusive) ubicados en un intervalo de 10 cm, estos valores son mostrados a continuación:

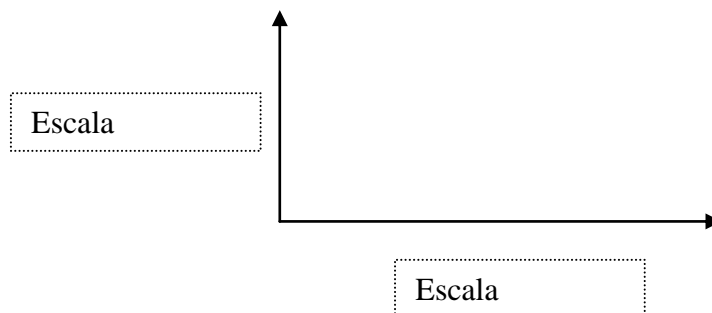
Nº	LOG	LOG X 10 cm
1	0	---
2	0.301	3.01
3	0.477	4.77
4	0.602	6.02
5	0.699	6.99
6	0.778	7.78
7	0.845	8.45
8	0.903	9.03
9	0.954	9.54
10	1.000	10.00



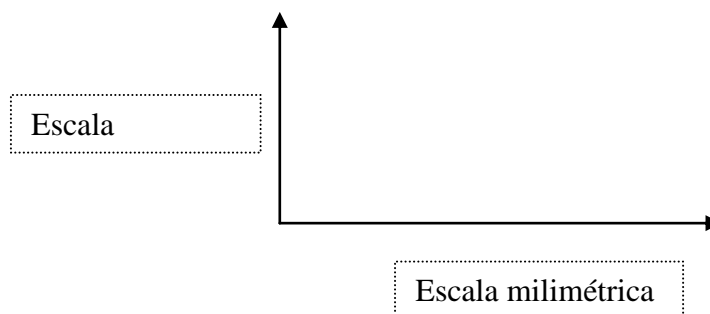
- Se denomina **ciclo de una escala logarítmica** a cada uno de los intervalos de 1 a 10 que serán afectados por el valor de potencia de base diez (10) colocado a conveniencia.
- Las potencias de los ciclos deben colocarse de manera ascendente y consecutiva. Seguidamente se señalan algunos ejemplos de manera ilustrativa:



- Existen dos tipos de papeles con escala logarítmica:
 - EL PAPEL DOBLEMENTE LOGARITMICO o LOG-LOG caracterizado por poseer dos escalas logarítmicas, una horizontal y otra vertical. Se utiliza para la rectificación de funciones potenciales.



- EL PAPEL SEMI- LOGARITMICO O SEMI-LOG posee una escala milimétrica en el eje horizontal y una escala logarítmica en el eje vertical. Se utiliza para la rectificación de funciones exponenciales.



PROCEDIMIENTO PARA LA RECTIFICACION Y CONSECUENCIA DE LA ECUACION EMPIRICA DE UNA FUNCION POTENCIAL

- A partir de la tabla de datos de la gráfica en papel milimetrado previamente elaborada como post- laboratorio en la Práctica N° 2 y que sugiera una función potencial, elabore una nueva tabla de datos suscribiendo todos los valores en notación científica.
- Después de elaborado el paso anterior proceda a determinar el orden de magnitud de las variables independientes que intervienen en el fenómeno estudiado, escogiendo la escala más conveniente y suscribiéndola en el eje "X".
- Proceda de manera similar en el tratamiento de las variables dependientes.
- Una vez determinadas las escalas a utilizar, realice el trazado de los puntos que definen los datos siguiendo las mismas recomendaciones hechas en el Laboratorio N° 2.

5. Trace la línea que una la mayor cantidad de puntos.
6. Si la función es del tipo potencial, su rectificación se hace en papel log-log, entonces la recta originada puede evaluarse con la ecuación general que la caracteriza:

$$Y = n X + B$$

Donde:

$$Y = \log y$$

$$X = \log x$$

$$B = \log K$$

n = pendiente en la gráfica que puede calcularse o determinarse gráficamente.

Datos que aparecen al aplicar logaritmos a ambos miembros de la ecuación general de la función potencial $Y = K x^n$

- La pendiente de la gráfica puede determinarse de dos formas:
 - Obtenerse matemáticamente a partir de la ecuación de la pendiente:

$$\Delta Y / \Delta X = \frac{\log 2y - \log 1y}{\log 2x - \log 1x}$$

- Obtenerse gráficamente, midiendo con una regla graduada las variaciones entre los dos puntos considerados y efectuando la relación matemática: **pendiente= $\Delta Y / \Delta X$**
- La ordenada en el origen se determina considerando el punto en el eje de las "Y" que corresponde a la abscisa igual a $1 = 10^0$ (origen).
- "Y" y "X" pueden ser leídas directamente de la gráfica de manera similar a la forma en que se trabaja con el papel milimetrado.

Una vez determinadas las incógnitas "n" y "K" se procede a sustituir en la forma general de la ecuación los valores correspondientes, obteniéndose de esta manera la ecuación empírica.

Forma general función potencial: $Y = K X^n$

- Verificación de la ecuación empírica: ubique un punto cualquiera en la recta y sustituya el valor de la variable "x" para ese punto en la ecuación empírica obtenida, efectúe las operaciones matemáticas pertinentes y determine el valor de la variable "y". Compare el valor numérico obtenido con el dato que le arroja la gráfica; si la ecuación empírica es correcta estos valores serán próximos entre sí.

PROCEDIMIENTO PARA LA RECTIFICACION Y CONSECUCION DE LA ECUACION EMPIRICA DE UNA FUNCION EXPONENCIAL

1. A partir de la tabla de datos de la gráfica en papel milimetrado previamente elaborada como post- laboratorio en la Práctica N° 2 y que sugiera una

función EXPONENCIAL, elabore una nueva tabla de datos suscribiendo todos los valores en notación científica.

2. Después de elaborado el paso anterior proceda a escoger las escalas más convenientes para la representación gráfica de los datos utilizando papel semi-logarítmico. Recuerde que la variable independiente es ubicada en el eje "X" que en este caso es una escala milimétrica; la variable dependiente debe ser dispuesta en el eje "Y" cuya escala es logarítmica.
3. Proceda de manera similar en el tratamiento de las variables para una función potencial, sólo que ahora no podrá determinarse la pendiente gráficamente y los cálculos deben efectuarse determinándose los logaritmos neperianos (base exponencial) en los términos en que sean requeridos.

Recordando que la forma general de una función exponencial es:

$$Y = K e^{nx}$$

Aplicando Logaritmo neperiano (Ln) a la expresión, se tiene:

$$\text{Ln } y = \text{Ln } K + nx \text{ Ln } e$$

Pero $\text{Ln } e = 1$; entonces la expresión será:

$\text{Ln } y = \text{Ln } K \pm nx$ (Ecuación análoga a la de una recta)

Escrita de otra manera

$$Y = B + n X$$

Donde:

$$Y = \text{Ln } y$$

$$B = \text{Ln } K \text{ (representa corte de la recta con el eje y)}$$

$$n = \text{pendiente en la gráfica}$$

$$X = x \text{ (variable independiente)}$$

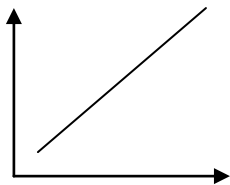
Determinación de la pendiente en gráficas de funciones no lineales de tipo exponencial rectificadas en papel semi-logarítmico.

$$n = \frac{\text{Ln } y_2 - \text{Ln } y_1}{X_2 - X_1}$$

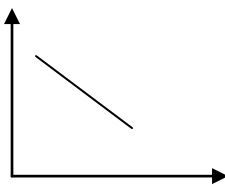
Para la expresión de la ecuación empírica y la verificación de la misma se procede de igual manera que en el tratamiento de las ecuaciones potenciales.

POST-LABORATORIO N° 3

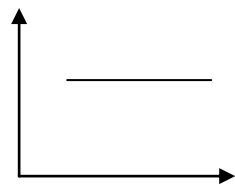
1. Determine el signo de la pendiente en cada una de las siguientes gráficas:



a)

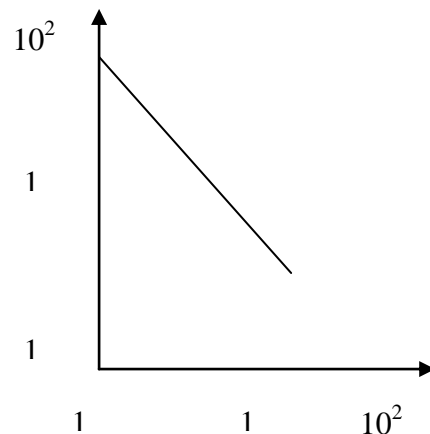
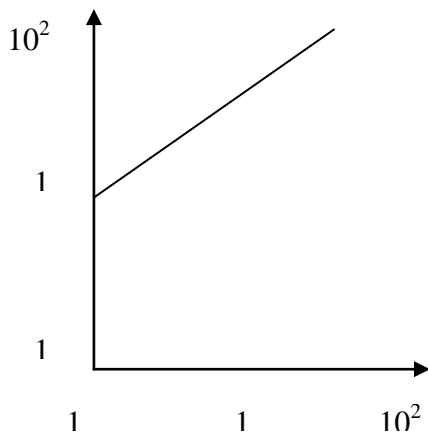


b)



c)

2. Al graficar en papel log-log, se obtuvo la siguiente serie de gráficas. Establezca la ecuación que rige el fenómeno en cada caso



3. Dadas las siguientes tablas, grafique, rectifique, establezca y verifique la ecuación.

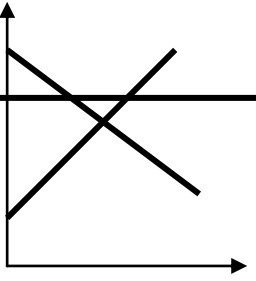
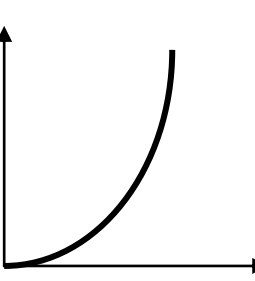
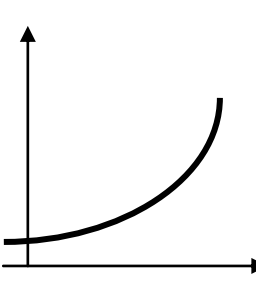
I vs Tiempo

I (μA)	22.8	14	8.9	5.7	3.6	2.3
t (s)	0	5	10	15	20	25

Fuerza vs Tiempo

F (grf)	1	3	5	8	10	13	15	18	20
t (s)	1.8	1.45	1.3	1.2	1.14	1.08	1.04	1	0.99

RESUMEN DE ANALISIS GRAFICO

GRAFICAS EN PAPEL MILIMETRADO			
RELACION ENTRE LAS VARIABLES	LINEAL	POTENCIAL Corta el eje X	EXPONENCIAL Corta el eje Y
PAPEL UTILIZADO PARA SU RECTIFICACION	No necesita rectificarse	Papel Log-log	Papel semi-log
ECUACIÓN GENERAL	$Y = nX + B$ n = pendiente b = ordenada en el origen	$Y = k x^n$ n = pendiente Log K = ordenada en el origen (10^0)	$Y = K e^{nx}$ K= ordenada en el origen n = pendiente
CALCULO DE LA PENDIENTE	$n = \frac{Y_2 - Y_1}{X_2 - X_1}$	$a) n = \frac{\text{Log } Y_2 - \text{Log } Y_1}{\text{Log } X_2 - \text{Log } X_1}$ $b) n = \frac{AB (\text{long } \Delta Y)}{CB (\text{long } \Delta X)}$	$n = \frac{\text{Ln } Y_2 - \text{Ln } Y_1}{X_2 - X_1}$
DETERMINCION ORDENADA EN EL ORIGEN	Corresponde al valor de la ordenada cuando la abscisa vale CERO ($X = 0$)	Se extrapola o interpola la recta hasta el punto de intersección con $X = 10^0$	Corresponde al valor de la ordenada cuando $X = 0$

PRACTICA Nº 4: ESTÁTICA

OBJETIVOS

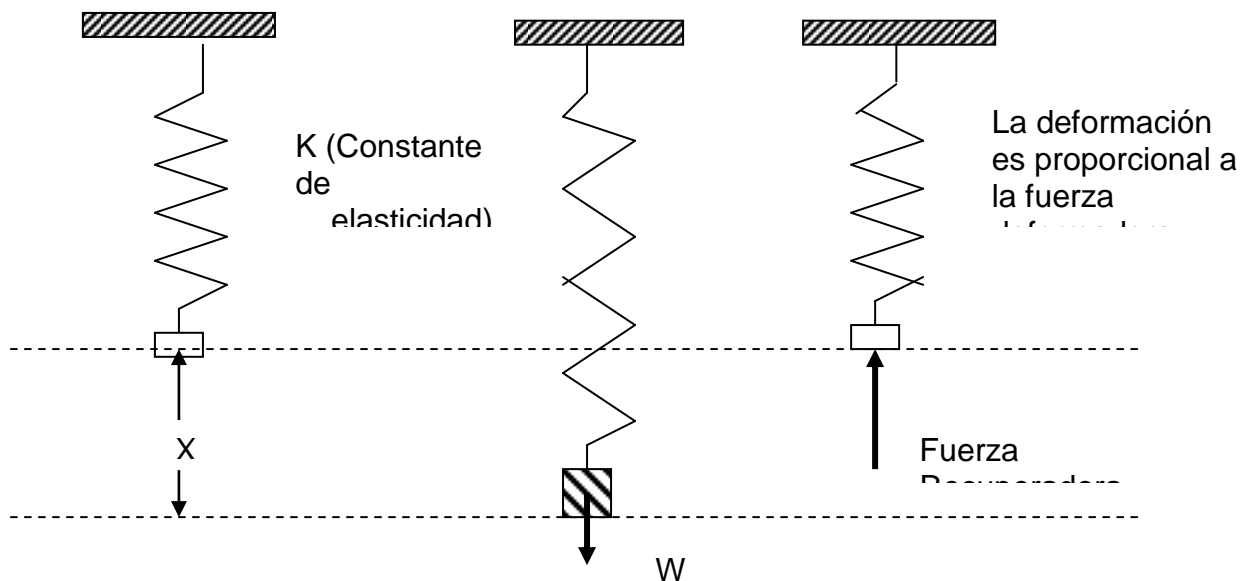
- Aplicar la Ley de Hooke relacionando el esfuerzo al cual está sometido un material con la deformación que experimenta.
- Determinar experimental y analíticamente los valores de fuerzas aplicadas para lograr el equilibrio de rotación.
- Determinar experimental y analíticamente los valores de fuerzas aplicadas para lograr el equilibrio de traslación.

Teoría relacionada:

Todos los cuerpos sólidos presentan fuerzas contrarias de atracción y repulsión. Entre las propiedades más importantes de los materiales están las características elásticas.

Un cuerpo al ser deformado por una fuerza vuelve a su forma o tamaño original cuando deja de actuar la fuerza recuperadora, en este caso el cuerpo presenta una propiedad llamada elasticidad.

Robert Hooke (1.635 – 1.703) enunció diversas teorías y formuló la Ley relativa a la elasticidad de un cuerpo, la cual lleva su nombre.



LEY DE HOOKE:

"Si no sobrepasa el límite de elasticidad, las deformaciones producidas en un cuerpo son proporcionales a la fuerza deformante"

$$F = - K X$$

Donde:

F = fuerza deformante

K = coeficiente de elasticidad

X = deformación

Por definición se tiene $F = -K x$, el signo negativo se debe a que la fuerza restauradora tiene sentido contrario al alargamiento (desplazamiento).

Es de hacer notar que si la fuerza deformadora sobrepasa un cierto valor, el cuerpo no volverá a su forma original después de suprimir dicha fuerza, entonces la deformación será permanente.

Se define como límite de elasticidad al máximo alargamiento que puede experimentar un cuerpo elástico sin que pierda sus características originales.

La Ley de Hooke no es aplicable en los casos donde las fuerzas deformadoras sobrepasan el límite de elasticidad.

PRE-LABORATORIO.

Investigue los siguientes términos:

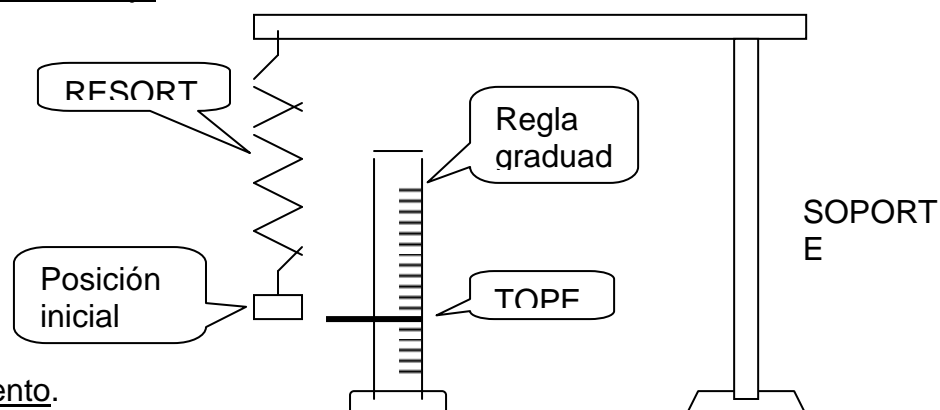
- Límite elástico.
- Resistencia límite.
- Ley de Hooke.
- Módulo de elasticidad.
- Deformaciones.
- Constante de elasticidad.
- ¿Cuándo actúa la fuerza deformadora y la fuerza recuperadora?

ACTIVIDAD N° 1: Determinación de la constante elástica de un resorte

1.- Materiales:

- Resortes helicoidales.
- Soporte universal.
- Regla graduada.
- Base cónica.
- Patrones.
- Pesas.
- Cursores.
- Papel milimetrado.

2. Esquema del montaje.



3. Procedimiento.

- Una vez realizado el montaje, coloque una masa en el extremo libre de cada resorte con la finalidad de vencer la inercia de dicho resorte.
- Mida la posición inicial y haga el registro de este dato en la tabla N° 1.
¿Qué representa este valor?

TABLA N° 1

RESORTE	Fuerza F(Dinas) (m.g)	Medida de posición (cm)		Alargamiento X (cm)	Valor de Constante K= F/X
		Inicial	Final		
N° 1	500				
	1000				
	1500				
	2000				
N° 2	25				
	50				
	75				
	100				
N° 3	50				
	100				
	150				
	200				
	250				
	350				

Donde:

F : fuerza deformante (diferentes cargas colocadas en el porta-pesas)

X : deformación (alargamiento experimentado por el resorte)

- Agregue gradualmente pesas tal como lo indica la tabla de datos y registre en ella las mediciones tomadas en la regla graduada. Recuerde que la posición inicial representa un punto referencial.
- Grafique en papel milimetrado (Fuerza en función del alargamiento) $F = f(x)$ para cada uno de los resortes estudiados. ¿Cómo es la gráfica obtenida en cada caso?
- Calcular el valor de la pendiente de cada recta. ¿Qué significado físico tiene el valor de la pendiente?

POST- LABORATORIO

1. Se tiene un resorte cuya constante de elasticidad es 800 N/m. ¿Qué alargamiento se produce si se cuelga un cuerpo de 50 Kgf?
2. Una misma fuerza actúa sucesivamente sobre dos resortes diferentes A y B, observándose que la deformación X_A es mayor que la deformación X_B , podemos decir que:
 - a.- ¿El resorte A es más blando o más duro que B?
 - b.- ¿La constante elástica de A es mayor o menor que la constante elástica de B?
 - c.- ¿Los resortes de constante de valor elevado son más duros o más blandos?
3. Se quiere comprimir dos resortes diferentes a una misma longitud aplicando fuerzas 2 Kp y 1,6 Kp respectivamente. ¿Qué relación existe entre sus constantes de elasticidad?

PRACTICA No. 5

CINEMATICA

Objetivos:

Analizar experimentalmente el movimiento rectilíneo uniforme de un cuerpo.

Determinar las magnitudes cinemáticas (aceleración, velocidad y distancia recorrida), en función del tiempo para casos particulares de movimientos rectilíneos simples:

- Movimiento rectilíneo uniforme
- Movimiento rectilíneo uniforme acelerado.
- Lanzamiento de proyectil.

Fundamento teóricos:

La cinemática estudia los movimientos de los cuerpos independientemente de las causas que lo producen. Cualquier medición de posición, distancia, rapidez o velocidad deberá hacerse de acuerdo a un marco de referencia; En el universo todas las cosas están en movimiento aunque no lo parezca, es decir **el movimiento es relativo**. En el caso del movimiento rectilíneo, se simularán dos prácticas que realizan los estudiantes en el laboratorio, que consiste en un móvil que desliza por un carril sin rozamiento. En la primera práctica simulada, se determinará la velocidad constante de un móvil, en la segunda, se determinará la aceleración de un móvil en movimiento.

Movimiento: Un cuerpo está en movimiento con respecto a un sistema de coordenadas elegido como fijo, cuando sus coordenadas varían a medida que transcurre el tiempo.

Clasificación del movimiento:

- **Movimiento rectilíneo uniforme:** un movimiento es rectilíneo cuando describe una trayectoria recta y uniforme cuando su velocidad es constante en el tiempo., esto implica que la velocidad media entre dos instantes cualesquiera que sea siempre tendrá el mismo valor, es decir:

La distancia recorrida es directamente proporcional al tiempo empleado para recorrerla.

- **El movimiento rectilíneo uniformemente variado:** es un movimiento en el cual un móvil se desplaza en línea recta a una velocidad que varía de manera uniforme a lo largo del tiempo. Esta velocidad puede aumentar (y en ese caso el movimiento es acelerado) o disminuir (desacelerado). Al variar la velocidad en el tiempo, en tiempos iguales recorre distancias distintas.

“La variación de la velocidad es directamente proporcional al tiempo que se efectúa”

Trayectoria: Es la línea formada por las sucesivas posiciones por las que pasa un móvil a medida que transcurre el tiempo, si la trayectoria es una recta, el movimiento es rectilíneo y si es una curva, es curvilíneo.

Velocidad: La velocidad media de un móvil se define como el cociente entre el desplazamiento del móvil y el tiempo que tarda en producirse.

- Si el tiempo considerado es muy pequeño (se dice que tiende a cero), se denomina velocidad Instantánea.
- En el Sistema Internacional de Unidades la velocidad se expresa en: metros/segundo (m/s).

La aceleración media de un móvil: se define como el cociente entre la variación de la velocidad del móvil y el tiempo que tarda en producirse.

- Si el tiempo considerado es muy pequeño (se dice que tiende a cero), se denomina aceleración instantánea.
- En el Sistema Internacional de Unidades la aceleración se expresa en: $a =$ (m/s²).

Caída Libre:

Cuando se deja caer un objeto, en el momento que es liberado, su velocidad inicial es igual a cero, pero instantes después su velocidad va aumentando progresivamente, es decir, hay un aumento en su velocidad y, como consecuencia, aparecerá una aceleración. Esta aceleración es llamada aceleración de la gravedad (g) y valor en magnitud tiene un valor aproximado de 9,8 m/s². o 10 m/seg²

Este movimiento, como puede notarse, presenta las características de un movimiento rectilíneo uniformemente acelerado, hecho que fue demostrado por galileo Galilei, diciendo que, todos los cuerpos en el vacío caen hacia la tierra con la misma aceleración, sin importar su tamaño o peso. Basándose en este hecho puede afirmarse que la aceleración de la gravedad se produce sobre todos los cuerpos que caen libremente y como consecuencia su velocidad aumenta uniformemente y su aceleración es constante.

Lanzamiento Horizontal

Llamamos lanzamiento horizontal al movimiento que describe un proyectil cuando se dispara horizontalmente desde cierta altura con velocidad inicial. Es decir, perpendicularmente a la aceleración de la gravedad. En el caso del lanzamiento horizontal el objeto, al caer, se desplaza horizontalmente. El movimiento se produce en el plano, en dos direcciones: una en eje x y la otra en el eje y . Si bien, a primera vista, la trayectoria del objeto puede parecer complicada, veremos que el hecho de descomponer el movimiento en dos direcciones simplificará notablemente el problema.

- *El Movimiento Horizontal:* En cualquier posición la componente de V_x de la velocidad del proyectil coincide con la velocidad V_0 . Es decir $V_0 = V_x$.

La coordenada de la posición en el eje x se expresa como $x = v_0 t$ (**alcance**)

- *Lanzamiento vertical:* Es un movimiento del cuerpo, con velocidad inicial cero. Para cualquier posición, la componente de V_y de la velocidad del proyectil coincide con la velocidad de caída de un cuerpo que se suelta desde la misma altura. Por lo tanto $V_y = V_{oy} - g \cdot t$, donde $V_{oy} = 0$, $V_y = g \cdot t$.

La coordenada de la posición en el eje y se expresa como:

$$y = y_0 + v_0 t + \frac{g \cdot t^2}{2}, \text{ donde } y_0, v_0 = 0 \quad y = \frac{g \cdot t^2}{2} \quad (g = 9.81 \text{ m/s}^2)$$

Lanzamiento de proyectil:

Un proyectil es un objeto sobre el cual la única fuerza que actúa sobre él es la gravedad. Hay una variedad de ejemplos de proyectiles:

- ✓ un objeto que se lanza desde un precipicio
- ✓ un objeto que se lanza verticalmente hacia arriba
- ✓ un objeto es qué lanzado hacia arriba en ángulo

Lanzamiento Inclinado

En este análisis también se ignora el efecto que produce la resistencia del aire sobre estos movimientos. Consideremos un proyectil lanzado desde la superficie terrestre con una velocidad inicial, formando un ángulo con la horizontal. En este caso el movimiento del proyectil se puede considerar como el movimiento resultante de estos dos movimientos:

- a. Uno horizontal con velocidad constante, es decir, la componente horizontal de la aceleración es cero (a_x).
- b. Otro vertical con aceleración constante g , dirigida hacia abajo, $a_y = -g$

Ecuaciones de la velocidad en el momento del lanzamiento para $t = 0$

- Componente horizontal de la velocidad inicial: $V_{ox} = V_o \cdot \cos \alpha$
- Componente vertical de la velocidad inicial: $V_{oy} = V_o \cdot \sin \alpha$

La magnitud de la velocidad

$$v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2}$$

La dirección de la velocidad =

$$\tan \theta = \frac{v_y}{v_x}$$

Actividad 1: MOVIMIENTO RECTILINEO UNIFORME

Objetivo Especifico: Reconocer el concepto de movimiento teniendo en cuenta las característica que intervienen en el.

Materiales a utilizar:

- Carril de viento
- Cinta métrica
- Cronometro

Montaje:



Procedimiento:

- a). Encienda el compresor del carril de viento.
- b). Utilizando la cinta métrica, marque sobre el tubo las distancia de 0.20 m, 0.40m y 0.60m
- c). Proporcione movimiento al riel que se encuentra sobre el carril de viento.
- d). Mida el tiempo (t) que demora el riel en recorrer las distancia, señaladas. (Repita el procedimiento 3 veces).
- e). Registre los tiempos obtenidos para cada distancia en la siguiente tabla de datos:

TABLA DE REGISTRO No. 1

<i>Tiempo(s)</i>	<i>$X_1 = 0.20\text{ m}$</i>	<i>$X_2 = 0.40\text{ m}$</i>	<i>$X_3 = 0.60\text{ m}$</i>
$T_1 =$			
$T_2 =$			
$T_3 =$			
$T_{\text{promedio}} =$			

f). Realice la grafica correspondiente en papel milimetrado. $d = f(t)$

g). Determine los errores cometidos.

Análisis de los resultados:

1.- Porque el movimiento de riel se considera rectilíneo uniforme

2.- Cuales son los elementos que interviene en el movimiento rectilíneo.

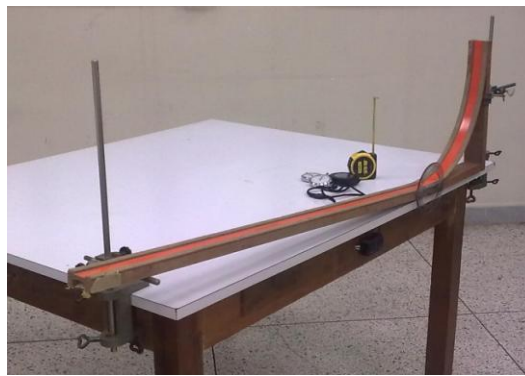
Actividad 2: MOVIMIENTO RECTILINEO VARIADO

Objetivo Específico: Analizar el movimiento de un cuerpo en un plano inclinado.

Materiales:

- | | |
|---------------------------|----------------------|
| - Pista acanalada | - Pinza grande |
| - Esfera de vidrio(metra) | - Doble nuez |
| - Cronómetros | - Varilla de mordaza |
| - Cinta métrica | - Soportes |
| - Transportador | - Tiza |

Montaje:



Procedimiento:

1.- Utilizando la cinta métrica, marque sobre la pista acanalada (con tiza) las distancia de 0.30 m, 0.60m y 0.90m.

2.- Con el uso del transportador forme un plano inclinado con respecto al plano horizontal.

3.- Deje caer la esfera de vidrio desde el borde superior y con el uso del cronometro mida el tiempo (Repita el procedimiento 3 veces)

4.- Registre los tiempos obtenidos para cada distancia en la siguiente tabla de datos:

TABLA DE DATOS N ° 2

ángulo	0.30 m	0.60 m	0.90 m
	t ₁ =	t ₁ =	t ₁ =
	t ₂ =	t ₂ =	t ₂ =
	t ₃ =	t ₃ =	t ₃ =
	t prom=	t prom=	t prom=

5- Determine el tiempo promedio

6- Con los datos registrados en la tabla, calcule la velocidad de la esfera, para cada distancia recorrida: $v = \frac{2x}{t}$ donde x= distancia y t= tiempo promedio

7-. Con los datos anteriores, Determine la aceleración del móvil

$$x = v_0 t + \frac{a t^2}{2} \text{ Donde } v_0 = 0 \text{ entonces } a = \frac{2x}{t^2}$$

8.- Represente las variables en papel milimetrado, grafique $v = f(t)$

9.- Determine la pendiente y compare con los valores obtenidos en el paso 7.

$$m = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1}$$

Análisis de los resultados:

1.- ¿Qué factores afectaron el desarrollo del experimento

2.- Si el ángulo de inclinación es recto. ¿Qué valor toma la aceleración. Justifique su respuesta.

Actividad 3: LANZAMIENTO DE PROYECTIL

Objetivo Específico: Determinar la velocidad inicial de un cuerpo, aplicando el principio de lanzamiento de proyectil.

1. Materiales:

- Rampa curva
- Cuerpos esféricos.(vidrio y metal)
- Cinta métrica
- Cinta adhesiva
- Papel forma continua.
- Soporte de mordaza
- Pinzas
- Doble nuez
- Papel carbón

2. Esquema del Montaje:



3. Procedimiento:

- Monte sobre el mesón del laboratorio la rampa curva.
- Coloque el tablón en el piso con el papel carbón, el cual debe ser alineado con el borde inferior de la rampa.
- Mida la altura de la rampa, considerando como referencia el borde de la misma.

$$y = y_0 + v_{0y}t + \frac{g \cdot t^2}{2}, \text{ donde } y_0, v_{0y}=0 \quad y = \frac{g \cdot t^2}{2} \quad (g=9.81\text{m/s}^2)$$

- Posicione el cuerpo esférico en la parte superior de la rampa.
- Suelte el cuerpo esférico desde la parte superior de la rampa y observe el lugar donde cae, Registre el alcance del cuerpo en la tabla N ° 3.
- Determine la velocidad inicial con que sale la esfera de la rampa
$$x = v_o \cdot t_v$$
- Determine el tiempo de vuelo de la esfera.(t_v)
- Registre los datos obtenidos en la siguiente tabla:

TABLA DE DATOS N ° 3

Esfera	Alcance (cm)	Tiempo de Vuelo(s)	Velocidad (cm/s)
Vidrio			
Metal			

Análisis de los resultados:

- Encuentre el valor de las componentes de la velocidad para un ángulo de inclinación de 15°
- Si se realizara el experimento en vacío con una bolita de papel, cambiarían considerablemente los valores con relación a los datos anteriores. Explique.

PRACTICA N° 6

ESTUDIO DEL TRABAJO Y LA ENERGÍA

OBJETIVOS.-

- 1.- Determinar el trabajo realizado sobre un cuerpo de masa M , cuando sobre él actúa una fuerza F de magnitud constante; en diferentes direcciones con respecto al desplazamiento del cuerpo.
- 2.- Realizar un análisis vectorial de las fuerzas que actúan sobre el cuerpo
- 3.- Determinar la energía que posee un cuerpo en los siguientes casos
 - 3.1.- Según su posición con respecto al suelo como referencia y su masa
 - 3.1.1. Determinar experimentalmente la energía potencial de un cuerpo de masa " m "
 - 3.2.- Según su rapidez y su masa
 - 3.2.1. Determinar experimentalmente la energía cinética de un cuerpo que se mueve con una rapidez constante V y posee una masa M
- 4.- Determinar experimentalmente las transformaciones de energía potencial _ cinética y cinética _ potencial
- 5.- Analizar las transformaciones de energía, aplicando el principio de conservación de la energía

TEORÍA RELACIONADA

El concepto de energía es uno de los conceptos físicos más importantes, tanto en la ciencia como en la práctica de las ingenierías contemporáneas. Cotidianamente, se considera a la energía en términos del costo de combustible para el transporte, la calefacción, de la electricidad para la iluminación y los aparatos electrodomésticos y de los alimentos que consumimos.

Sin embargo estas ideas, no definen realmente la energía; solo nos dicen que se necesitan combustibles para realizar una tarea y que ellos suministran algo que se llama energía. La energía puede presentarse en diferentes formas: mecánica, química, térmica, electromagnética, nuclear; pero a pesar de su diversidad, éstas están relacionadas entre sí por el hecho de que al transformarse de una forma a la otra, la cantidad de energía total sigue siendo la misma.

Es justamente ese proceso de transformación de la energía de una forma a la otra, objeto fundamental y parte esencial del estudio de la física, al ingeniería, la química, la biología, la geología y la astronomía

Es necesario tener en cuenta .que los conceptos de trabajo y energía se fundamentan en las leyes de Newton; con un enfoque diferente al describir el movimiento en un sistema mecánico. Este sentido alternativo para describir el movimiento es especialmente útil cuando la fuerza que actúa sobre una partícula no es constante y no pueden aplicarse las ecuaciones sencillas usadas en cinemática.

Es frecuente que una partícula en la naturaleza esté sujeta a una fuerza que varía con su posición, éstas incluyen las fuerzas gravitacionales y las fuerzas sobre un cuerpo sujeto a un resorte, y para ello utilizaremos el teorema del TRABAJO Y LA ENERGÍA.

TRABAJO REALIZADO POR UNA FUERZA CONSTANTE

El trabajo realizado por una fuerza constante se define como el producto de la componente de la fuerza en la dirección del desplazamiento y la magnitud de este.

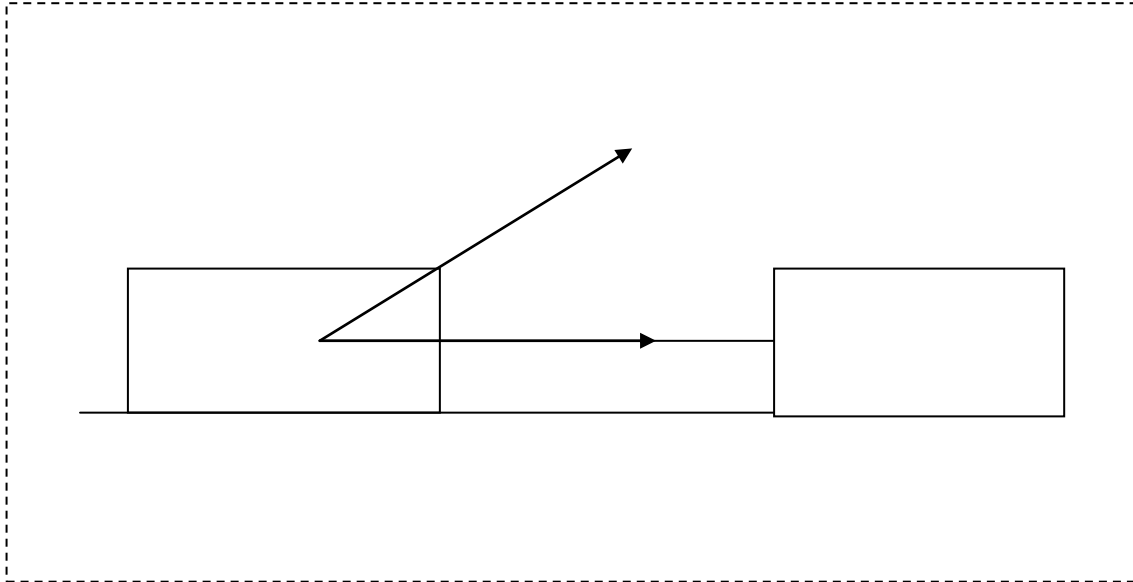


Figura 1

En la figura dada, se muestra que para una fuerza F aplicada sobre un cuerpo de masa m , la componente de F en el eje horizontal es $F \cdot \cos \Theta$, y el valor del (W) trabajo realizado por la fuerza F está dado por la ecuación $W = F \cdot \cos \Theta \cdot x$ de acuerdo a lo expuesto una fuerza F realiza trabajo sobre un cuerpo si se cumplen las siguientes condiciones:

- el objeto debe experimentar desplazamiento
- la fuerza debe tener una componente horizontal diferente de 0 en la dirección del desplazamiento; de esto se concluye que el trabajo es nulo cuando la fuerza es perpendicular al desplazamiento ya que $\Theta = 90^\circ$ y $\cos 90^\circ = 0$

El signo del trabajo depende de la dirección de la fuerza con respecto al desplazamiento así: será positivo cuando el vector asociado con la componente $F \cos \Theta$ está en la misma dirección del desplazamiento, por ejemplo al levantar un objeto, el trabajo realizado por la fuerza aplicada es positivo ya que esta tiene la misma dirección y sentido del desplazamiento del objeto; en este caso el trabajo realizado por la fuerza gravitacional es negativo, ya que tiene dirección opuesta al desplazamiento.

Un ejemplo interesante y común en el que el trabajo es negativo, es el trabajo realizado por la fuerza de rozamiento cuando un cuerpo se desliza sobre una superficie áspera; así se tiene que $W_{fr} = -f_r \cdot x$. El trabajo es una cantidad escalar y sus unidades son fuerza por longitud; en el SI es el Newton x metro = Joule, en el cgs es DINA x cm=ergio y en el inglés de ingeniería es libra x pie=ftxlb.

UNIDADES DE TRABAJO EN LOS TRES SISTEMAS

Sistema	Unidades de trabajo		nombre de la unidad
S.I	Newton.	Metro (Nxm)	Joule (J)
cgs	Dina. cm	(Dina x cm)	Ergios
Ingeniería Británico	libra .pie	(ft x lb)	pie-libra

TRABAJO Y ENERGÍA CINÉTICA

Energía: este concepto suele tomarse inicialmente como “la capacidad de realizar un trabajo”; creemos que éste constituye una manera sencilla de iniciar el estudio de la energía; es necesario tomar en cuenta las diferentes formas en que la energía se manifiesta.

¿Qué es la energía cinética? Analicemos un ejemplo: Consideremos un bloque en movimiento acercándose a un resorte, como se muestra en la figura 2.

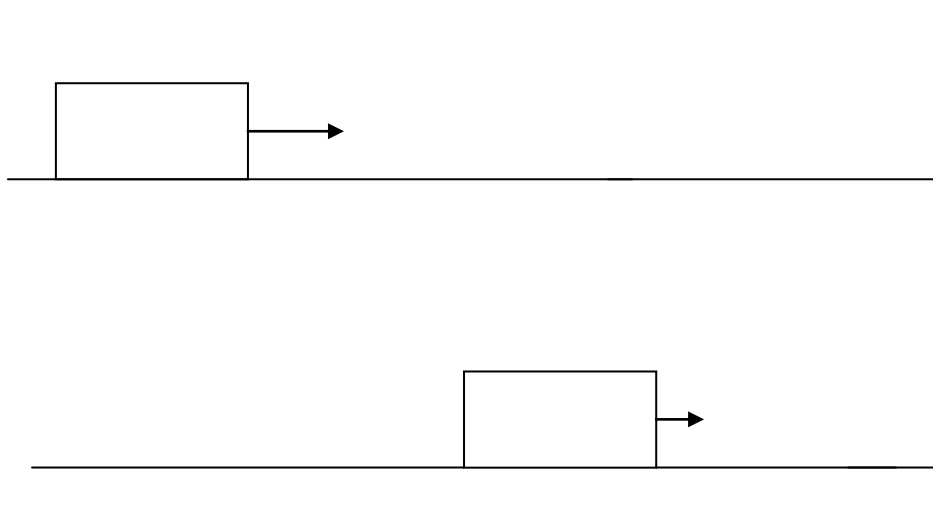


Figura 2

Al producirse el choque del bloque con el resorte, la velocidad del bloque disminuye hasta anularse al mismo tiempo que el resorte se comprime; razón por la que el bloque realiza un trabajo sobre el resorte, de esto podemos decir que cualquier cuerpo en movimiento tiene capacidad para realizar trabajo, y por lo tanto, posee energía a la cual denominamos energía cinética. De igual forma podemos decir que la E_c del bloque depende de su masa y de su velocidad, por lo que de manera general se tiene que:

“Cuando un cuerpo de masa m se mueve con una velocidad constante v , posee una energía cinética E_c que está dada por la siguiente expresión”

$$E_c = \frac{1}{2} m v^2$$

RELACIÓN ENTRE EL TRABAJO Y LA ENERGÍA CINÉTICA

→
Consideremos varias fuerzas actuando sobre un cuerpo de masa m y sea R su resultante; supongamos que R es constante y que tiene el mismo sentido del movimiento del cuerpo, por lo tanto el cuerpo tendrá un movimiento rectilíneo uniformemente acelerado, y luego de recorrer una distancia d , habiendo partido desde A llegará hasta B , con una velocidad $V_B > V_A$. Calculemos el trabajo total, T_{AB} realizado sobre el cuerpo al ir desde A hasta B ; este trabajo es el de la fuerza resultante, como ésta actúa en la misma dirección del movimiento ($\Theta=0$) y hace desplazar el cuerpo una distancia d así tenemos $T_{AB} = R \times d$ (1)

Tomando en cuenta la 2ª Ley de Newton, sabemos que $R = m \cdot a$ en donde a representa la aceleración adquirida por el cuerpo y por tener un movimiento uniformemente acelerado se tiene que:

$$V_0^2 = V_a^2 + 2ad \quad \text{de donde} \quad d = \frac{V_0^2 - V_a^2}{2a} \quad \text{así al sustituir en (1) se tiene que}$$

$$T_{AB} = R \times \frac{V_B^2 - V_A^2}{2a} \quad \text{y como sabemos que } R = m \cdot a; \text{ entonces podemos escribir:}$$

$$T_{AB} = m \cdot a \left(\frac{V_B^2 - V_A^2}{2a} \right) \quad \text{de donde} \quad T_{AB} = \frac{1}{2} m V_B^2 - \frac{1}{2} m V_A^2 \quad \text{en donde}$$

$\frac{1}{2} m V_B^2 = E_{CB}$ $\frac{1}{2} m V_A^2 = E_{CA}$ por lo tanto $T_{AB} = E_{CB} - E_{CA}$; luego el trabajo total sobre el cuerpo es igual a la variación de su energía cinética, de esto podemos decir.

Si un cuerpo en movimiento pasa por un punto A , con una energía cinética E_{CA} , y llega a un punto B con una energía cinética E_{CB} la variación de la energía cinética que el cuerpo experimenta será igual al trabajo total realizado sobre él.

TRABAJO Y ENERGÍA POTENCIAL

Tomemos en cuenta que el trabajo realizado por una fuerza constante es independiente de la trayectoria descrita por la partícula, sino del desplazamiento resultante y de la componente de la fuerza en la dirección del desplazamiento. Una aplicación importante de éste análisis, es el trabajo que realiza la fuerza de gravedad, así; un cuerpo que se mueve en el espacio está bajo los efectos de la fuerza $F = mg$, para alcanzar una altura h y luego descender en caída libre, por lo que sobre éste se realizará un trabajo dado por $W = mgh$; si se mueve entre dos posiciones A y B que se encuentran a diferentes alturas el trabajo realizado será de la siguiente manera:

$$W_R = mgh_A - mgh_B$$

Cambio de la energía cinética de un cuerpo en caída libre.- Consideremos un cuerpo que cae libremente con velocidad V_A a una altura h_A y V_B cuando se encuentra a una altura h_B ; de esto se tiene: $\frac{1}{2} m V_B^2 - \frac{1}{2} m V_A^2 = mgh_B - mgh_A$. Relación válida cuando la partícula se mueve verticalmente a lo largo de cualquier trayectoria, de la relación dada obteniendo factor común y simplificando términos se tiene:

$$\frac{1}{2} m (V_B^2 - V_A^2) = mg(h_B - h_A) \quad \text{de donde al simplificar obtenemos} \quad V_B^2 = V_A^2 + 2g(h_B - h_A)$$

luego al resolver y trasponer términos se obtiene la siguiente relación

$V_B^2 + 2g h_B = V_A^2 + 2g h_A$, relación que nos sugiere que la cantidad $V^2 + 2g h$ es constante durante la realización del movimiento.

ENERGÍA POTENCIAL.-

El análisis realizado en el ejemplo anterior, corresponde a una clase de fuerza muy importante conocida como fuerza conservativa. Así, una fuerza es conservativa si su dependencia del vector posición \mathbf{r} de la partícula, es tal que el trabajo W realizado por dicha fuerza se puede expresar como la diferencia entre la magnitud $E_p(\mathbf{r})$, evaluada en los puntos inicial y final, sin importar la trayectoria seguida por la partícula. A esta cantidad $E_p(\mathbf{r})$, se le conoce como energía potencial de la partícula asociada a la fuerza aplicada y sólo es función de la posición de ésta; por lo que se tiene:

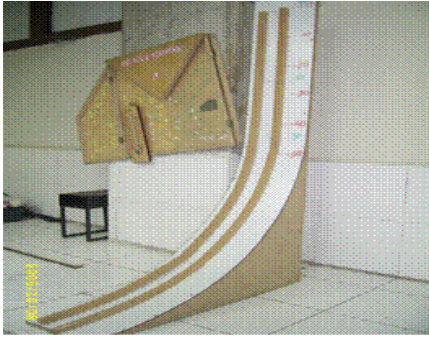
$W = \int \mathbf{F} \cdot d\mathbf{r} = E_{p(A)} - E_{p(B)}$; lo que significa que el trabajo realizado es igual a E_p en el punto inicial menos el trabajo realizado en el final, además, es necesario tener en cuenta que E_p depende de la naturaleza de la fuerza, pues deberá ser conservativa.

CONSERVACIÓN DE LA ENERGÍA DE UNA PARTÍCULA

Cuando la fuerza que actúa sobre una partícula es conservativa se pueden combinar las ecuaciones $W = -\Delta E_p$ con $W = \Delta E_c$ de lo que se obtiene la siguiente relación $\Delta E_c = -\Delta E_p$ lo que nos indica que los cambios de E_c y E_p son iguales y opuestos; de esto podemos escribir que $\Delta (E_c + E_p) = 0$, de donde $E_c + E_p$ se conoce como energía total de la partícula, luego ésta es igual a la suma de su energía cinética más su energía potencial así: $E_t = E_c + E_p = \frac{1}{2}mV^2 + E_p$; pero esto es cero (0), por lo tanto cuando la fuerza es conservativa, la energía total se conserva; por lo que puede escribirse que:

$$(E_c + E_p)_A = (E_c + E_p)_B$$





Experiencia N° 1

Materiales:

Rampa Curva

- Esfera de Acero
- Papel
- Cinta Métrica
- Cronómetro
- Base Universal
- Varilla Metálica
- Doble Nuez
- Pinza de Madera
- Mesón

Figura N° 1: Esquema para la actividad N° .1

Actividad N° 1:

- Hacer el montaje indicado en la figura N° 1.
- Deje caer la bola de acero desde diversos puntos de la rampa.
- Mida para cada lanzamiento de la bola de acero la distancia vertical.
- Mida para cada lanzamiento la distancia horizontal que recorre la bola luego de salir de la rampa.
- Mida el tiempo que tarda la bola desde el punto "A" hasta el punto "B".
- Complete la siguiente tabla.

Lanzamiento	Altura (m)	Distancia x (m)	Tiempo t (s)	Velocidad en "B" (m/s)
H1				
H2				
H3				
H4				
H5				

¿Como varia la velocidad en "B" con respecto a la altura desde que se deja caer la bola? Razone su respuesta

¿Como varia la distancia "x" con respecto a la altura desde que se deja caer la bola? Razone su respuesta

Actividad N° 2:



Figura N° 2: Esquema para la actividad N°2.

- Hacer el montaje indicado en la figura N° 2.
- Deje caer la bola de acero desde las mismas alturas medidas en la actividad anterior.
- Mida para cada lanzamiento el tiempo que tarda la bola de acero en llegar al suelo
- Complete la siguiente tabla.

Lanzamiento	Altura (m)	Tiempo t (s)	Velocidad en "B" (m/s)
H1			
H2			
H3			
H4			
H5			

Compare la magnitud de la velocidad en "B" en ambas actividades cuando se deja caer la bola de acero desde la misma altura. ¿Son iguales? ¿Son diferentes? ¿Que concluyes?

Compare el tiempo "t" en ambas actividades cuando se deja caer la bola de acero a la misma altura. ¿Son iguales? ¿Son diferentes? ¿Que concluyes?

Post-laboratorio

A continuación se le dan un conjunto de situaciones.

Analiza cada una para dar una respuesta correcta.

- ¿Qué clases de energía conoces?
- Explique un proceso donde haya transformación de energía
- Si se levanta un cuerpo desde el suelo, ¿hay transformación de energía?
- Si se duplica la velocidad de una partícula, ¿Qué ocurre con su energía cinética?
- ¿Se gasta más energía al bajar una escalera o al caminar horizontalmente con la misma rapidez?
- Una persona levanta un bloque de masa "m" cierta altura "h", luego camina horizontalmente una distancia "d" sosteniendo el bloque. Determine el trabajo realizado por la persona y por la gravedad en este proceso.
- Se lanzan 3 pelotas desde un edificio, todas con la misma rapidez inicial. La pelota 1 se lanza en dirección horizontal, la pelota 2 se lanza a cierto ángulo por encima de la horizontal y la pelota 3 se lanza con un ángulo por debajo de la horizontal, sin tomar en cuenta la resistencia del aire compare la rapidez de las pelotas en el momento de llegar al suelo. ¿qué concluyes?

1.-Al realizar una competencia entre dos equipos que tiran de una cuerda. ¿Se efectúa trabajo? ¿cuándo?

2.-Al comparar las energías cinéticas y potenciales de dos cuerpos A y B.

a) La altura de A es dos veces la altura de B, pero tiene la misma masa; A tiene el doble de la velocidad de B.

b) B pesa el doble de A pero están a la misma altura; A posee la mitad de la masa de B.

c) A pesa el doble que B, pero la altura de B es dos veces la altura de A; A posee el doble de la masa de B y la mitad de su velocidad.

2.- Dos cuerpos de igual masa, uno de hierro y el otro de madera, caen al suelo desde la misma altura. Si se desprecia la fricción del aire.

a.- ¿Cuál de los dos golpea el suelo más fuerte al caer?

b.- ¿Cuál de los dos lleva mayor energía cinética en el momento del impacto? ¿Por qué?

c.- Cuando la altura es cero y los dos cuerpos están en reposo, ¿cuál es su energía cinética? ¿cuál es su energía potencial? ¿qué paso con la energía que traían los cuerpos al caer?

3.- Cuatro jóvenes de igual masa suben de un piso a otro de un edificio, uno por el ascensor, otro trepando por una cuerda vertical, el tercero por una rampa y el cuarto por una escalera. La masa de cada uno es de 50 kg y la altura entre los pisos es de 4m.

a.- ¿Cuál es el trabajo realizado contra la fuerza de gravedad en el ascenso de cada uno?

b.- Una vez que todos están en el piso superior, ¿cuál tiene mayor energía potencial?

PRACTICA Nº 7 CALORIMETRIA Y DILATACIÓN TERMICA

OBJETIVOS

- Determinar experimentalmente la capacidad calorífica de un calorímetro
- Determinar experimentalmente el calor específico de un cuerpo.
- Aplicar el Principio de Conservación de la energía.
- Determinar el coeficiente de dilatación térmica de un cuerpo.

Teoría relacionada:

Cuando dos cuerpos están en **contacto térmico** ocurre entre ellos un intercambio de energía en ausencia de trabajo macroscópico. Estos cuerpos estarán en **equilibrio térmico** cuando dejan de tener todo intercambio neto de energía.

La temperatura es la medida de la energía cinética media de una molécula individual. La medida de la temperatura utilizando un termómetro está fundamentada en el principio de equilibrio térmico: **Si dos o más sistemas(cuerpos) se encuentran a diferentes temperaturas y se ponen en contacto, siempre habrá transferencia de calor del sistema de mayor temperatura al otro de menor temperatura.**

La energía térmica está asociada al movimiento de las moléculas de los cuerpos, es la energía interna total de un objeto (sumatoria de sus energías moleculares cinética y potencial).

La energía calórica o calor es la energía transmitida de una cuerpo caliente a otro frío como resultado de una diferencia de temperatura. Se define como la energía térmica necesaria para producir algún cambio determinado (variación de temperatura, cambio d estado, etc.) en una sustancia.

Una **caloría (cal)** es la cantidad de calor necesaria para elevar en un grado centígrado un gramo de agua.

La **capacidad calorífica (C)** de un cuerpo se define como la magnitud que relaciona la cantidad de calor que recibe un cuerpo con el incremento de temperatura que experimenta. Es la cantidad de calor que necesita un cuerpo para aumentar en 1°C su temperatura, matemáticamente:

$$C = \frac{\Delta Q}{\Delta T} \quad \Delta Q = C \Delta T$$

Donde:

C = capacidad calorífica

ΔQ = variación de calor

ΔT = variación de temperatura

Calor específico es la cantidad de calor que se debe suministrar a un gramo (1 g) de una sustancia para elevar 1 ° C su temperatura. El calor específico es la capacidad calorífica por unidad de masa, su expresión es:

$$C_e = \frac{C}{m} = \frac{\Delta Q}{m \Delta T}$$

$$\Delta Q = C_e m \Delta T$$

La medida del calor específico de una sustancia sólida o líquida se realiza utilizando métodos calorimétricos, los cuales están fundamentados en dos principios:

1. El principio de igualdad de los intercambios de calor: cuando dos cuerpos se ponen en contacto de forma que el sistema formado por ellos esté aislado del medio exterior, la cantidad de calor que pierde uno de ellos es igual a la cantidad de calor que gana el otro.

$$Q \text{ perdido por cuerpo N}^\circ 1 = Q \text{ ganado por el cuerpo N}^\circ 2$$

2. Principio de las transformaciones inversas: La cantidad de calor que hay que suministrar en un cuerpo para que aumente una temperatura ΔT es igual a la cantidad de calor que debería perder para disminuir la misma temperatura.

$$\Delta Q = C_e m \Delta T$$

Método de las mezclas:

Si en un recipiente térmicamente aislado se introduce una cantidad de masa " m_o " de agua a temperatura " T_o " grados y una masa " m_1 " de una sustancia cuyo calor específico se quiere determinar a " T_1 " grados. Si " T " es la temperatura final de equilibrio, entonces:

$$Q \text{ perdido por el cuerpo caliente} = Q \text{ ganado por el agua} + Q \text{ ganado por el calorímetro}$$

$$m_1 C_{e1} \Delta T_1 = m_o C_{e \text{ agua}} \Delta T + C \Delta T$$

donde:

m_1 = masa del cuerpo caliente

C_{e1} = calor específico del cuerpo caliente

ΔT_1 = variación de temperatura = $T_1 - T$

m_o = masa del agua

C_{e1} = calor específico del agua = 1 cal/g°C

ΔT = variación de temperatura = $T - T_o$

C = capacidad calorífica del calorímetro.

T = temperatura final de equilibrio

Luego, sustituyendo;

$$m_1 C_{e1} (T_1 - T) = m_o C_{e \text{ agua}} (T - T_o) + C (T - T_o)$$

La capacidad calorífica del calorímetro se determina mediante la expresión:

$$C = \frac{m_1 C_{e1} (T_1 - T) - m_o C_{e \text{ agua}} (T - T_o)}{(T - T_o)}$$

El calor específico del cuerpo caliente se puede determinar mediante la ecuación:

$$C_{e1} = \frac{m_o C_{e \text{ agua}} (T - T_o) + C (T - T_o)}{m_1 (T_1 - T)}$$

Dilatación Térmica

Cuando la temperatura de un líquido, sólido o gas se aumenta, las moléculas sufren un incremento de su energía cinética, produciéndose vibraciones intermoleculares. Este incremento en la amplitud de vibración, forzará a las moléculas vecinas a permanecer a una distancia media mayor, por lo tanto el líquido, sólido o gas se dilatará. La dilatación puede ser lineal, superficial o volumétrica.

Dilatación lineal (ΔL) es el cambio en longitud como efecto del cambio en la temperatura.

$$\Delta L = \alpha L_o \Delta T$$

Siendo:

ΔL = cambio en las dimensiones lineales

α = coeficiente de dilatación lineal

L_o = tamaño inicial

ΔT = cambio de temperatura

$$\alpha = \frac{\Delta L}{L_o \Delta T}$$

El coeficiente de dilatación lineal es una constante de proporcionalidad que puede definirse como el cambio en longitud por grado de cambio en la temperatura. Sus unidades son $(^{\circ}\text{C})^{-1}$ o $(^{\circ}\text{F})^{-1}$.

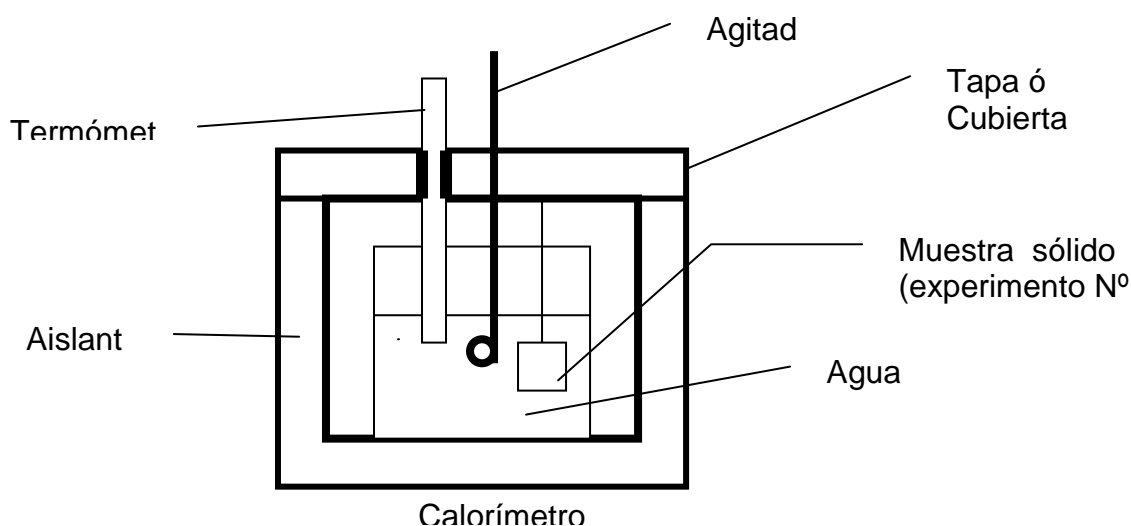
ACTIVIDADES EN EL LABORATORIO

ACTIVIDAD N° 1: DETERMINAR LA CAPACIDAD CALORÍFICA “C” DEL CALORIMETRO.

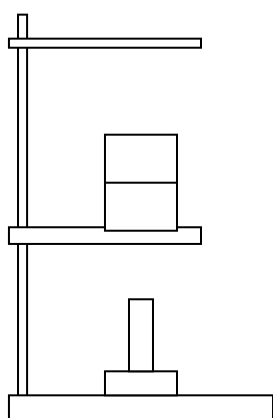
1. Materiales:

- Calorímetro de mezcla
- Agua
- Balanza
- Mechero o fuente de calor.
- Cilindro graduado
- Termómetro

2. Esquema del montaje.



3. Procedimiento.



Caliente la masa m_1 y viértala rápidamente en el vaso del calorímetro. Use el agitador para equilibrar el



- d) Coloque una cantidad de agua en el vaso calorimétrico, determine esta masa “ m_0 ” y su temperatura “ T_0 ”. Haga registro de estos datos.

- e) Caliente otra cantidad de agua " m_1 " a una temperatura " T_1 " por encima de la temperatura ambiente. Recuerde que debe determinar esta masa utilizando la balanza y la temperatura de la misma usando el termómetro. Se sugiere como temperatura " T_1 " un valor cercano a 80 °C.
- f) Introduzca rápidamente la masa " m_1 " de agua al calorímetro, utilice el agitador para dejar que el sistema en equilibrio y lea la temperatura " T " que alcanza el conjunto. Haga registro de los datos.

TABLA DE DATOS

Masa inicial del calorímetro " m_o " (g)	
Masa adicional " m_1 " (g)	
Temperatura de masa inicial " T_o " (°C)	
Temperatura adicional " T_1 " (°C)	
Temperatura máxima del conjunto " T " (°C)	

- g) Calcule el valor de la capacidad calorífica " C " y el error cometido.

ACTIVIDAD Nº 2: DETERMINAR EL CALOR ESPECÍFICO DE UN SÓLIDO

1. Materiales

- Cilindro Graduado y vaso de precipitado.
- Calorímetro
- Pieza Sólida
- Agua
- Mechero o fuente de calor
- Termómetro

2. Esquema del montaje:

vaso del calorímetro.
Use el agitador
Para equilibrar el
sistema y mida la
temperatura.

Calienta la masa m_1 y
colóquela
rápidamente en el



3. Procedimiento

- Coloque una cantidad de agua en el vaso calorimétrico, determine esta masa “ m_o ” y su temperatura “ T_o ”. Haga registro de estos datos.
- Caliente la pieza sólida de masa “ m_1 ” a una temperatura “ T_1 ” por encima de la temperatura ambiente. Recuerde que debe determinar esta masa utilizando la balanza y la temperatura de la misma usando el termómetro.
- Introduzca rápidamente la “ m_1 ” en el agua del calorímetro, utilice el agitador para dejar el sistema en equilibrio y lea la temperatura “ T ” que alcanza el conjunto. Haga registro de sus datos.

TABLA DE DATOS

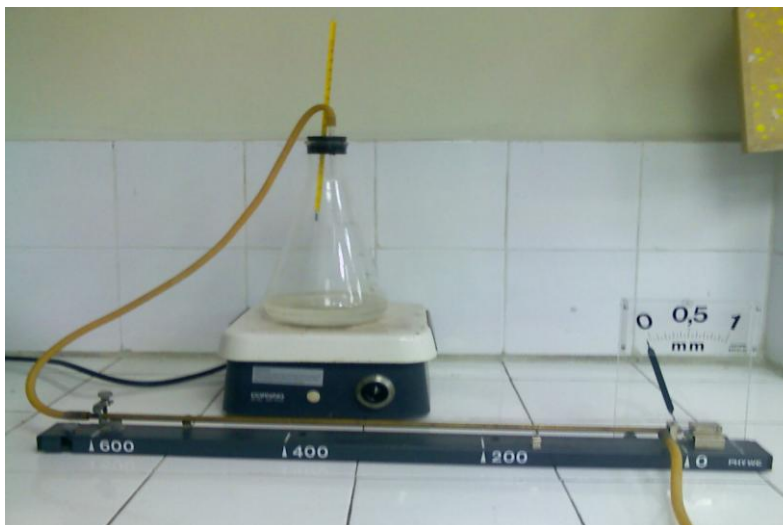
Masa inicial del calorímetro “ m_o ” (g)	
Masa adicional “ m_1 ” (g)	
Temperatura de la masa inicial “ T_o ” (°C)	
Temperatura adicional “ T_1 ” (°C)	
Temperatura máxima del conjunto “ T ”(°C)	

- Calcule el valor del calor específico de la muestra “ C_{e1} ”

$$C_{e1} = \frac{m_o C_{e \text{ agua}} (T - T_o) + C (T - T_o)}{m_1 (T_1 - T)}$$

ACTIVIDAD Nº 3 DILATACION TERMICA LINEAL DE UN CUERPO SOLIDO VARILLA

1. Materiales y montaje



2. Procedimiento

- Disponga el montaje del material y equipo según lo señalado en el esquema.
- Verifique la disponibilidad de gas y encendedor.
- Seleccione el tubo o varilla que utilizara para determinarle el coeficiente de dilatación térmica lineal, identifique su material constitutivo y realice montaje según lo indicado en el esquema.
- Conecte el tubo o varilla, ajustándolo de manera que la aguja indicadora coincida con el cero de la escala. Fije el tubo o varilla por el extremo abierto con los elementos de sujeción.
- Chequee las conexiones de tubo, mangueras y tapones.
- Determine la apreciación del dilatómetro.
- Caliente el agua contenida en el matraz de destilación hasta que hierva, esto permitirá que el vapor pase a través del tubo colocado en el dilatómetro. Cuando la aguja indicadora de la escala deje de avanzar es el momento en el cual el tubo ha alcanzado su máxima dilatación. Haga registro de los datos.
- Complete la siguiente tabla de datos y determine el coeficiente de dilatación térmica de la varilla muestra:

TABLA DE DATOS

Longitud inicial de la varilla (mm)	Lo=
Temperatura ambiente (°C)	To=
Temperatura del tubo (equivalente a la del vapor que circula por él) (°C)	T=
Variación de la Temperatura (°C)	$\Delta T = T - T_o =$
Alargamiento de la varilla	$\Delta L =$

Coeficiente de Dilatación Térmica Lineal:

$$A = \frac{\Delta L}{L_o \Delta T}$$

1. Calcule el error porcentual cometido en su medida, tomando como valor mas probable para su experimento el indicado en la siguiente tabla:

MATERIAL	COEFICIENTE DE DILATACION LINEAL (°C)
Cobre	$1,67 \times 10^{-5}$
Hierro	$1,23 \times 10^{-5}$
Vidrio	$9,0 \times 10^{-6}$
Latón	$1,85 \times 10^{-5}$
Aluminio	$2,3 \times 10^{-5}$

POST LABORATORIO

1. Hallar la cantidad de calor necesaria para calentar, desde 15°C hasta 60°C:
 - a) 1 g de agua; b) 5 g de vidrio; c) 20 g de platino. El calor específico del vidrio es 0,20 cal/g°C y del platino es 0,032 cal/g°C.
2. Un calorímetro de 55 g de cobre contiene 250 g de agua a 18°C. Se introducen en él 75 g de una aleación a una temperatura de 100°C, la temperatura resultante es de 20,4°C. Hallar el calor específico de la aleación. El calor específico del cobre es 0,039 cal/g°C.