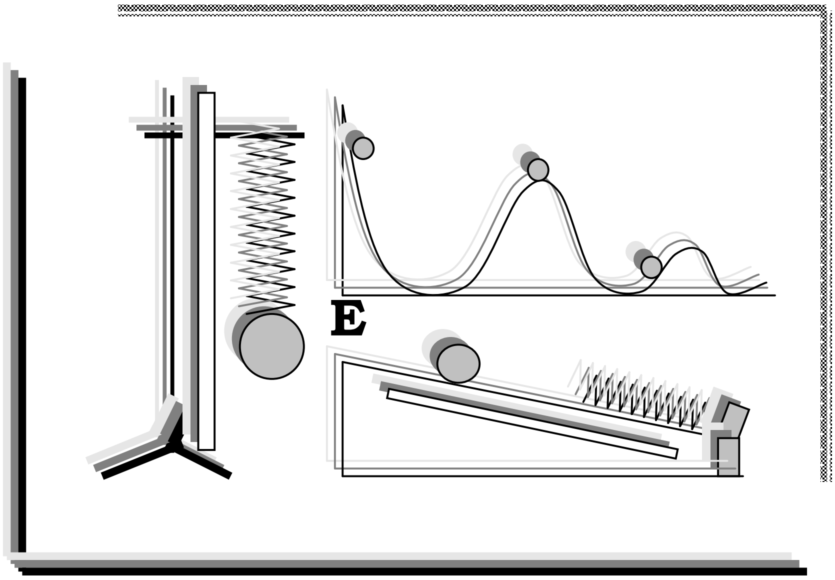
LABORATORIO

FISICA - I



Lic. FELIX ACEVEDO P.
Lic. JHONY RAMIREZ A.
Lic. JULIO CHICANA L.
Lic. MARCO MERMA J.

CALLAO - PERÚ
2012

Presentación

Los temas que se presentan en esta Guía de Laboratorio corresponden al que se desarrolla en un semestre académico en la FIEE, Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica de La Universidad Nacional del Callao.

El objetivo es familiarizar al estudiantes con la adquisición, tratamiento, análisis e interpretación de datos obtenidos en el Laboratorio, haciendo usos de diferentes recursos tales como papeles gráficos, calculadora certifica y la PC, los que ayudan grandemente en este tipo de tareas.

En Física I se abordará los conceptos de la mecánica aplicados a una partícula y al cuerpo rígido, poniendo énfasis en el arreglo experimental y en el procedimiento para la realización de la experiencia.

Ponemos este material al alcance de la comunidad de la FIEE de quienes separamos sus comentarios y sugerencias, por lo que estaremos muy agradecidos.

Callao, Abril del 2012
Los Autores

Índice

I. OBJETIVOS

Aprender el uso de los instrumentos de medición.

Identificar los tipos de errores que se presentan en un proceso de medición.

II. EXPERIMENTO

A. MODELO FISICO

Todo proceso de medición generalmente requiere el uso de un instrumento como medio físico para determinar la magnitud de una variable. Para ser válido un dispositivo de medición debe compararse contra un patrón, norma o estándar de aceptación general.

El trabajo de medición emplea una serie de términos, los cuales se definen aquí:

Instrumento: es el dispositivo para determinar el valor o la magnitud de una cantidad o variable.

Exactitud: es la aproximación con la cual la lectura de un instrumento de acerca al valor real de una variable medida.

Precisión: es la medida de la reproducibilidad de las mediciones, es decir, es el grado de concordancia dentro de un grupo de mediciones o instrumentos.

Sensibilidad: es la relación de la respuesta del instrumento respecto al cambio de la variable medida.

Resolución: cambio más pequeño en el valor medido al cual responde el instrumento.

Error : es la desviación a partir del valor real de la variable medida.

CIFRAS SIGNIFICATIVAS

Una indicación de lo preciso de las mediciones se obtiene a partir de los números de *cifras significativas* con los cuales se expresan los resultados. Estas cifras proporcionan información real relativa a la magnitud y precisión de las mediciones de una cantidad. El aumento de cantidad de cifras significativas incrementa la precisión de una medición.

Por ejemplo, si se especifica una que una masa sea realmente 57 kg, esta debe estar más cerca de 57 kg que de 56 kg o 58 kg. Si el valor de la masa se describe como 57.0, significa que está más cerca de 57.0 que de 56.9 kg o de 57.1 kg. En 57 kg hay dos cifras significativas y tres en 57.0 kg. La última, con más cifras significativas, expresa una medición de mayor precisión que la primera.

En física solo de vez en cuando se conocen con exactitud los números. Aun cuando un número sea exacto, por lo general no es necesario escribirlo con muchas cifras decimales. En los cálculos tampoco se desea perder información ni desperdiciar los esfuerzos al retener una precisión falsa y engañosa en los resultados. Por eso necesitamos de un conjunto de reglas para decidir cuánta precisión se debe usar al hacer los cálculos. Una cantidad física medida sólo se conoce dentro de determinado intervalo de incertidumbre experimental.

Por ejemplo, supongamos que una longitud está entre los valores 5.2655 x 10^5 m y 5.2665 x 10^5 m, entonces la forma correcta de expresar este resultado es longitud = (5.2660 $\pm$ 0.0005) x 10^5 m. Donde 0.0005 x 10^5 m es la incertidumbre en la medición.

REGLA 1. *A menos que se cite explícitamente la incertidumbre en un número, se supondrá que es la mitad de la unidad del último lugar decimal que tiene el número.*

La *exactitud* de un número es la cantidad de cifras significativas que tiene. La *precisión* es la incertidumbre en el número. Por ejemplo, la longitud 5.2659 x 10^5 m tiene una exactitud de 5 cifras significativas y una precisión de 0.0005 x 10^5 m.

REGLA 2. *La cantidad de cifras significativas en un producto o cociente es igual a la cantidad más pequeña de cifras significativas en cualquiera de los números que se multiplican o dividen.*
Por ejemplo, queremos calcular el área de un paralelepípedo cuyos lados son a = 4.263 x 10^5 mm y b = 2.35 x 10^2 mm. El área es el producto de estas dos cantidades, entonces, ab es igual a 9.89 x10^7 mm^2.

REGLA 3. *La precisión de una suma o resta es igual a la del número menos preciso de los que se suman o restan.*
Por ejemplo, sumemos dos cantidades t_1 = 17.8 s y t_2 = 5.326 s el resultado es 23.1 s ya que uno de los tiempos es exacta únicamente para tres cifras significativas.

Los ceros no se escriben si están a la derecha del punto decimal, a menos que sean significativos. Ejemplo, la velocidad de la luz es 2.99792458 x 10^8 m/s, por lo tanto, 3.00 x 10^8 m/s, es correcta con tres cifras significativas.
Los ceros en una cantidad como 500 g = 5 x10^2 g no son significativos. El número correspondiente con tres cifras significativas es 5.00 x 10^2 g.
Las cifras significativas son una forma taquigráfica de reemplazar una definición más larga y más específica de la exactitud.

REDONDEO DE UNA CANTIDAD

Al redondear una respuesta a la cantidad correcta de cifras significativas, se redondea hacia arriba si la primera cifra no significativa es mayor o igual a 5, y se redondea hacia abajo si es menor.
Los errores de redondeo se acumulan con más lentitud si se mantienen más cifras decimales hasta finalizar los cálculos.

PROCEDIMIENTOS DE MEDICIÓN

En la *medición directa* o absoluta el valor de medición de una magnitud se indica inmediatamente en el instrumento de medición. La magnitud se compara con un instrumento

patrón (escala) perteneciente al instrumento. El principio de medición se llama también por esta razón “medición de comparación”. Ejemplo: regla graduada, pie de rey y tornillo micrométrico.
La *medición indirecta* o relativa, es la que se obtiene relacionando dos o más mediciones directas mediante una fórmula matemática. Por ejemplo: el área de un rectángulo conociendo ell largo y el ancho.

En mecánica estamos interesados fundamentalmente, en medir magnitudes de longitud, masa y tiempo. Sin embargo, no es posible determinar el *valor exacto* o verdadero de una magnitud. Todas las medidas están afectadas en algún grado por un *error* o *incertidumbre* experimental debido a las limitaciones del instrumento de medida y a la agudeza de nuestros sentidos que deben registrar la información.

ERROR O INCERTIDUMBRE DE LECTURA (σ_L)

A este valor se le llama también *sensibilidad del instrumento* Esta relacionado con la lectura de los instrumentos de medición y es igual **a la mitad de la mínima división de la escala.**

$$\sigma\sigma_L = \frac{1}{2}\,(\text{mínima división de la escala})$$

Por ejemplo, para una regla graduada en milímetros, su incertidumbre de lectura será $\sigma = \pm\, 0{,}5$ mm.

INCERTIDUMBRE DEBIDO A FLUCTUACIONES

Cuando se realizan varias mediciones directas de una misma magnitud x_1, x_2, ... x_n, y los resultados estan alrededor de algún valor central, se adopta como mejor estimación del valor verdadero al **valor medio** que viene dado por la siguiente expresión:

$$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + \ldots + x_n}{n} = \frac{\sum_{i=1}^{n} x_n}{n}$$

La incertidumbre asociada generalmente con los errores accidentales o al azar y utilizada para calcular el error absoluto del valor medio de una magnitud después de n-mediciones se llama **incertidumbre estándar de la media**, y se define por

$$\sigma_{\bar{x}} = \frac{\sigma_{n-1}}{\sqrt{n}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n} (\bar{x} - x_i)^2}{n(n-1)}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n} \Delta x^2}{n(n-1)}}$$

Donde $\Delta x = \bar{x} - x_i$ es el residuo o desviaciones entre la i-ésima medición y el valor medio, y σ_{n-1}.es la desviación estándar de la muestra que mide el grado de dispersión de una serie de datos respecto del valor medio.

Frecuentemente, cuando n es grande (n > 30), la distribución de las n observaciones es aproximadamente simétrica, en estas condiciones se puede sostener que el 68.3% de las observaciones estarán comprendidos dentro del intervalo ($\bar{x} - \sigma$, $\bar{x} + \sigma$).

Hasta ahora se han estudiado dos tipos de incertidumbres una relacionada con la lectura del instrumento y la otra con las fluctuaciones en la medición, entonces la incertidumbre total se calcula sumando en cuadratura

$$\begin{pmatrix}\text{Incertidumbre}\\ \text{total}\end{pmatrix}^2 = \begin{pmatrix}\text{Incertidumbre}\\ \text{de lectura}\end{pmatrix}^2 + \begin{pmatrix}\text{Incertidumbre}\\ \text{estandar}\end{pmatrix}^2$$

$$\sigma = \sqrt{\sigma_l^2 + \sigma_{\bar{x}}^2}$$

El valor medio se aproximará tanto más al valor verdadero de la magnitud cuanto mayor sea el número de mediciones, ya que los errores aleatorios de cada medida se va compensando unos con otros. Sin embargo, en la práctica, no debe pasarse de un cierto número de medidas. En general, es suficiente con 10, e incluso podría bastar con 4 ó 5.

Cuando la sensibilidad del método o de los aparatos utilizados es pequeña comparada con la magnitud de los errores aleatorios, puede ocurrir que la repetición de la medida nos lleve siempre al mismo resultado; en este caso, está claro que el valor medio coincidirá con el valor medido en una sola medida, y no se obtiene nada nuevo en la repetición de la medida y del cálculo del valor medio, por lo que solamente será necesario en este caso hacer una sola medida.

REGLAS PARA EXPRESAR UNA MEDIDA Y SU ERROR

1.-Toda medición deberá expresarse en función del resultado experimental o medida hecha en el laboratorio acompañada del error de la medida, y a continuación las unidades empleadas.

$$x = \bar{x} + \sigma$$

2.- Los errores se deben dar solamente con una única cifra significativa. Únicamente, en casos excepcionales, se pueden dar la segunda cifra 5 ó 0.

3.- La última cifra significativa en el valor de una magnitud física y en su error, expresados en las mismas unidades, deben de corresponder al mismo orden de magnitud (centenas, decenas, unidades, décimas, centésimas).

A continuación se presentan los 4 ejemplos que ilustran estas reglas:

a) Al medir una cierta distancia hemos obtenido 86 ± 2 mm.
De este modo entendemos que la medida de dicha magnitud está en alguna parte entre 84 mm y 88 mm. En realidad, la expresión anterior no significa que se está seguro de que el valor verdadero esté entre los límites indicados, sino que hay cierta probabilidad de que esté ahí.

b) Si se mide la longitud de un objeto y se dice que el extremo se aproxima a 32 mm, entonces su longitud exacta estará comprendido entre 31,5 mm y 32,5 mm, la forma correcta de expresar esta medición será x = 32 ± 0,5 mm ¿Porqué?

c) Si se mide la longitud de un objeto y se dice que el extremo se aproxima a 43,5 mm, entonces el longitud exacta estará comprendido entre 43,25 mm y 43,75 mm, entonces la medición se expresaría como x = 43,5 ± 0,25 mm sin embargo esto no es correcto ¿Porque? Para que nuestra medición sea correcta habrá que redondear la incertidumbre de lectura y expresar x = 43,5 ± 0,3 mm. ¿Cuál es el valor de su incertidumbre de lectura?

PROPAGACIÓN DE LOS ERRORES

Si la magnitud V viene determinada por la medida de varias magnitudes *x, y, z, ...*, con la que está ligada por la función V = *f(x, y, z, ...)*.

El error de la magnitud *y* en general viene dado por la siguiente expresión:

$$\Delta V = \sqrt{\left(\frac{\partial f}{\partial x}\Delta x\right)^2 + \left(\frac{\partial f}{\partial y}\Delta y\right)^2 + \left(\frac{\partial f}{\partial z}\Delta z\right)^2 + \ldots}$$

Casos más frecuentes ocurren en la suma, resta, multiplicación y división

Suma : $V = x + y$ $\qquad \Delta V = \pm\sqrt{(\Delta x)^2 + (\Delta y)^2}$

Diferencia : $V = x - y$ $\qquad \Delta V = \pm\sqrt{(\Delta x)^2 + (\Delta y)^2}$

Pr oducto : $V = x \cdot y$ $\qquad \frac{\Delta V}{\bar{V}} = \pm\sqrt{\left(\frac{\Delta x}{\bar{x}}\right)^2 + \left(\frac{\Delta y}{\bar{y}}\right)^2}$

Cociente : $V = \frac{x}{y}$ $\qquad \frac{\Delta V}{\bar{V}} = \pm\sqrt{\left(\frac{\Delta x}{\bar{x}}\right)^2 + \left(\frac{\Delta y}{\bar{y}}\right)^2}$

Potencia : $V = k\,x^a y^b$ $\qquad \frac{\Delta V}{\bar{V}} = \pm\sqrt{a^2\left(\frac{\Delta x}{\bar{x}}\right)^2 + b^2\left(\frac{\Delta y}{\bar{y}}\right)^2}$

MEDICIÓN DE LA LONGITUD CON EL PIE DE REY

El pie de rey se caracteriza por una corredera con nonius que se desplaza a lo largo de una guía provista de una escala graduada. Este instrumento se utiliza para medir exteriores, interiores y profundidades. La subdivisión de la escala de la guía es de 1 mm. El nonius hace posible la lectura directa de submúltiplos de milímetro. Existen nonius de precisión de 1/10 mm, 1/20 mm y 1/50 mm, El nombre tiene su origen en el portugués Pedro Nuñez (o Nonius 1492 – 1577).

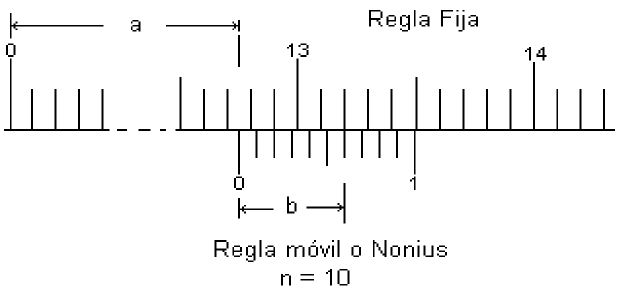
Lectura de la medida.- Los milímetros enteros se leen a la izquierda del cero del nonius, sobre la escala principal. Por ejemplo, la lectura en la figura es 28.7 mm. El número de milímetros enteros se lee a la izquierda del cero del nonius, sobre la escala principal; en la figura es de 28 mm. Las décimas de milímetros se lee en la escala del nonius, en la subdivisión en que coincide con una de las escalas principales. El número de subdivisiones en el nonius indica las décimas del milímetro, por Ejemplo, 7 x 0.1 mm = 0.7 mm.

$$x = a + \frac{b}{n}$$

a : El número de milímetros enteros se lee a la izquierda del cero del nonius, sobre la escala principal

b : El número de subdivisiones en la escala del nonius contadas a la derecha del cero del nonius hasta la subdivisión que coincida con una de la escala principal.

n : Número de divisiones en el nonius.



Por ejemplo, para un vernier como el de la figura *a = 127 mm, b = 6* ; luego aplicando la fórmula la medición resulta *x = 127.6 mm*.

B. DISEÑO

C. MATERIALES.

Una balanza	Un calibrador vernier o pie de rey
Una regla graduada en mm	Un cilindro de bronce o lámina de vidrio.

D. VARIABLES INDEPENDIENTES.

Para el cilindro: Diámetro, altura y masa.

Para la placa: Largo, ancho, altura y masa.

E. VARIABLES DEPENDIENTES.

El área, el volumen y la densidad.

F. RANGO DE TRABAJO.

a) Indique la mínima y la máxima longitud que se puede determinar con el vernier.
b) Indique la mínima y la máxima masa que se puede determinar con la balanza.

G. PROCEDIMIENTO.

PARTE 1: Preparación del experimento

1. Verificar que los materiales que se van ha usar en la experiencia estén en buenas condiciones
2. Verificar que los instrumentos de medida estén en buenas condiciones

PARTE 2: Prueba del Equipo e Instrumentos (calibración)

1. Verifique que el vernier se encuentre en buenas condiciones.
2. Calibre la balanza, para ello gire las perillas que se encuentran en los extremos, tal que la aguja coincida con la línea roja.

PARTE 3: Ejecución.

1. Use los instrumentos de medición y tome tres medidas a cada una de las variables independientes. Anotar los resultados en la tabla de la hoja adjunta.
2. Con los datos registrados obtenga las mediciones indirectas para al cilindro y/o placa.
3. Exprese correctamente las mediciones para cada caso.

H. CUESTIONARIO

1. A que se denomina error absoluto, relativo y porcentual?
2. ¿A que se denomina error de paralaje?
3. Defínase: a) error instrumental; b) error límite; c) error de calibración; d) error ambiental; e) error aleatorio f) error probable.
4. ¿A que se denomina notación científica? ¿Cuáles son sus reglas?
5. Establézcase el número de cifras significativas en cada uno de los siguientes casos: a) 542; b) 0.65; c) 0.00005; d) 40 x 106; e) 20 000.
6. El voltaje de un resistor es de 200 V, con un error probable de ±2%, y la resistencia es de 42 Ω con un error probable de ±1.5%. Calcúlese a) La potencia disipada en el resistor; b) el porcentaje de error en la respuesta. Recuerde: P*otencia = voltaje x corriente,* $P = VI$

7. Del valor obtenido para la densidad, identifique el material.

III. CONCLUSIONES

IV. BIBLIOGRAFÍA

Autor. Título. Editorial. Fecha de impresión. Lugar de Impresión. Número de página(s) consultada(s).

PROCEDIMIENTO PARA USAR LA FUNCION ESTADÍSTICA

DESVIACIÓN ESTADÍSTICA (SD)

(Scientific Calculator CASIO fx-82TL S-V.P.A.M.)

Para ingresar a la función SD oprima:	MODE, 2
Para borrar datos de la memoria oprima	SHIFT, Scl, =
Para ingresar datos: Se ingresan uno a uno.	
Por ejemplo, ingresar 3, 5 y 9: se pulsarán las teclas	3, DT, 5, DT, 9, DT
Para calcular: (Media aritmética $\bar{x}$)	SHIFT, $\bar{x}$, =
(Desviación estándar de muestra σ_{n-1})	SHIFT, $x\sigma_{n-1}$, =
(Número de datos n)	RCL, C
(Suma de valores Σx)	RCL, B
(Suma de cuadrados de valores Σx^2)	RCL, A

ANALISIS DE DATOS

I. OBJETIVO

1. Identificar las leyes que responden a los fenómenos físicos mediante el análisis de datos
2. Aprender la representación de datos usando papeles gráficos y hojas de cálculo.
3. Aprender técnicas de ajuste de curvas, principalmente el método de regresión lineal, utilizando papeles gráficos, una calculadora y también la hoja de cálculo más popular MS-EXCELL.

II. EXPERIMENTO

A. MODELO FÍSICO

El problema de la ciencia experimental no se reduce a medir ciertas magnitudes con la máxima precisión posible, sino que es, fundamentalmente, buscar una ley cuantitativa entre dos o más magnitudes que están variando de manera correlacionada.

Supongamos que el fenómeno que se quiere estudiar dependa de dos magnitudes x e y. La ley que gobierna este fenómeno relaciona una magnitud con la otra de tal manera que durante una serie de experimentos se determinan los valores de una de ellas (variable dependiente, generalmente *y*) que corresponden a los distintos valores de la otra (variable independiente, generalmente *x*).

El trabajo de laboratorio tiene como fruto una serie de datos experimentales representados, normalmente por un conjunto discreto de *N* pares de datos $\{x_i, y_i\}$, siendo *i* un índice natural que varía de *1* a *N*. La manipulación de datos tiende normalmente a uno de estos dos objetivos:

- Determinar una ley experimental, o
- Comprobar una ley experimental previamente supuesta.

En cualquier caso esa ley se expresa en forma de una aplicación (función) $y = f(x)$ que exprese de forma fidedigna la **correlación** entre *x* e *y*.

Entonces, el problema radica en encontrar un método que sea capaz de determinar la función que mejor describe a una serie de puntos experimentales, además, tener un criterio para conocer lo parecido o diferentes que son estos puntos respecto de la ley $f(x)$ propuesta.

Cuando se busca una fórmula de este tipo se dice que se está buscando una ***regresión*** entre esas dos variables. Por tanto, hallar una regresión entre dos variables se refiere siempre a hallar una fórmula o ecuación que represente la relación aproximada entre esas dos variables.

Nube de puntos.

Para estudiar y medir la relación entre dos variables, el primer paso es recoger los datos que muestren los correspondientes valores de las variables consideradas.

El segundo paso, es representar en un gráfico cartesiano *(x, y)*. A este conjunto de puntos que así se obtiene se suele denominar ***diagrama de dispersión*** o más sencillamente ***nube de puntos***.

Con el diagrama de dispersión, es posible frecuentemente representar una curva que se aproxime a los datos. Tal curva se llama ***curva de aproximación***.

En la mayor parte de parte de las nubes de puntos obtenidas a partir de casos reales es difícil imaginarse cuál sería la mejor curva de aproximación, y generalmente, hay que optar por una determinada que se suele denominar ***curva de ajuste***.

Método de regresión (ajuste) por mínimos cuadrados.

Conocida en inglés como, *least-squares fit.* Es una herramienta muy poderosa para determinar la función (curva) que mejor describe a una serie de puntos experimentales.

El primer caso sencillo donde se aplicó este método para una distribución unidimensional de datos $\{ x_i \}$ consistió en determinar el valor medio, es decir, el número real, x, que mejor representa a la distribución x_i .

Regresión lineal por mínimos cuadrados.

El siguiente caso sencillo para aplicar el método de mínimos cuadrados es el de una distribución de pares ordenados $\{x_i, y_i\}$, que se pretende ajustar a una línea recta. Analíticamente, optamos por buscar una ***recta de ajuste*** cuya ecuación general es $f(x) = a + bx$ que se adecue mejor a nuestra nube de puntos. Esta recta de ajuste seleccionada es la llamada ***Recta de regresión por mínimos cuadrados*** y que se obtiene seleccionando de entre todas las rectas de ajuste posibles, *aquélla que hace mínimo la suma de los cuadrados de las distancias verticales (residuos) de los puntos a la recta*, es decir:

$$\chi^2\,(a,b) = \sum_{i=1}^{N}(y_i - (a + b\,x_i))^2$$

Desarrollando el cuadrado se obtiene:

$$\chi^2\,(a,b) = \sum y_i^2 + Na^2 + b^2\sum_{i=1}^{N} x_i^2 - 2a\sum y_i - 2b\sum x_i y_i + 2ab\sum x_i$$

Esta expresión depende de a , b y los únicos parámetros que entran en ellas son:

$$N\,,\ \sum x_i\,,\ \sum y_i\,,\ \sum x_i y_i\,,\ \sum x_i^2\,,\ \sum y_i^2 \qquad (*)$$

El conocimiento de estos parámetros que se calculan a partir de la distribución $\{x_i, y_i\}$ permite obtener todas las respuestas del problema. Para obtener los cálculos más eficaces de *a* y *b* se resuelve el sistema de ecuaciones:

$$\frac{\partial \chi^2}{\partial a} = 0 \qquad\qquad \frac{\partial \chi^2}{\partial b} = 0$$

Este sistema de ecuaciones es lineal y su solución es:

$$a_o = \frac{\sum x_i^2 \sum y_i - \sum x_i y_i \sum x_i}{N\sum x_i^2 - (\sum x_i)^2} \qquad\qquad b_o = \frac{N\sum x_i y_i - \sum x_i \sum y_i}{N\sum x_i^2 - (\sum x_i)^2}$$

Una vez que se tienen los valores de a_0 y b_0 es necesario expresar de forma cuantitativa y cualitativa la *calidad de ajuste*. Por calidad se entiende, intuitivamente, lo que se separan los puntos experimentales y_i de la predicción de la recta $a_o + b_o x$. Cuantitativamente, la calidad de ajuste viene expresada numéricamente por el valor del residuo medio y del coeficiente de correlación.

El ***coeficiente de correlación*** se define como:

$$r = \frac{N\sum x_i y_i - \sum x_i \sum y_i}{\sqrt{(N\sum x_i^2 - (\sum x_i)^2)\,(N\sum y_i^2 - (\sum y_i)^2)}}$$

Este coeficiente expresa la calidad del ajuste en forma relativa, es un número sin unidades, y está ligado a χ^2 (llamado también *chi-cuadrado*) y al *residuo medio* σ por:

$$\chi^2 = \frac{1}{N}\left(N\sum y_i^2 - (\sum y_i)^2\right)(1 - r^2)$$

y

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{N(N-2)}\left(N\sum y_i^2 - (\sum y_i)^2\right)(1-r^2)}$$

De forma que:

$$\chi^2 = 0 \quad \Leftrightarrow \quad r = 1$$

Por lo que cuanto más cercano a 1 sea el valor de r^2 mejor será el ajuste. Es posible demostrar que r nunca puede ser mayor que 1.

Cualitativamente, una buena forma de determinar la calidad de un ajuste es *observar la gráfica de los puntos experimentales y compararla con la recta obtenida*. El ajuste será bueno si la línea recta pasa por entre los puntos, dejando la misma cantidad de puntos a un semiplano y a otro de los que define la recta.

Extensión del método de regresión lineal.

El estudio de este método, relativamente sencillo, tiene doble interés: de un lado, este tipo de dependencia es frecuente entre magnitudes físicas, de otro lado, muchas otras dependencias más complicadas pueden reducirse a esta sencilla mediante un cambio de variable adecuado.

Función inicial	Cambio	Forma lineal
$y = ax^2$	$x^2 = z$	$y = az$
$y = a\sqrt{x}$	$\sqrt{x} = z$	$y = az$
$y = a\ \exp(nx)$	$\ln(y) = z$; $\ln(a) = b$	$z = nx + b$
$y = a x^n$	$\ln(y) = z$; $\ln(a) = b$; $\ln(x) = t$	$z = b + nt$

Los métodos de los mínimos cuadrados y el ordenador.

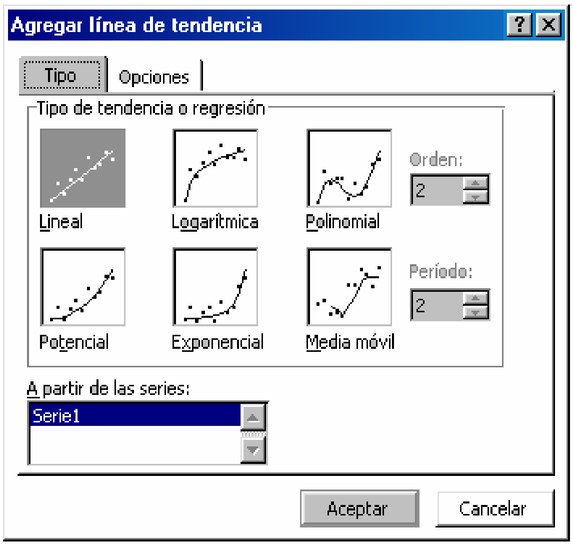
El análisis de datos mediante este método es tedioso y puede provocar errores. En la actualidad se pueden hacer uso de herramientas tales como:

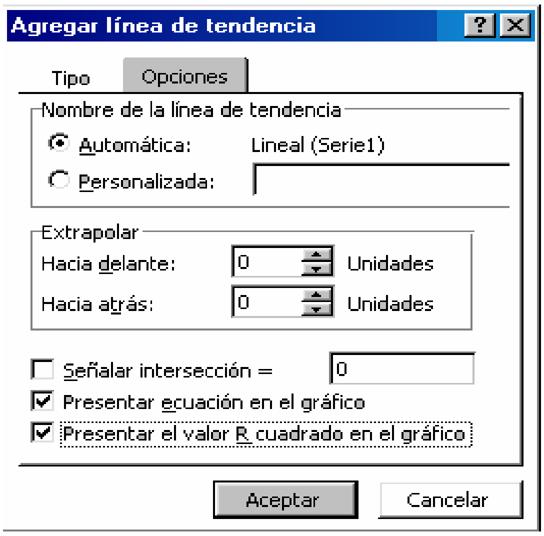
La calculadora científica.

Las calculadoras suelen tener un modo de cálculo del método de los mínimos cuadrado. Para saberlo debemos ver en la calculadora si tiene el modo ***LR***, del inglés *linear regression.* En caso afirmativo la calculadora nos dará, inmediatamente, los valores de a , b y r , así como los parámetros de la ecuación (*). Otras calculadoras más modernas pueden presentar otros modos de regresión tales como: logarítmica, exponencial, potencial, inversa, cuadrática.

El ordenador

Se pueden construir programas en C, Fortran, Pascal o Basic para hacer los ajustes que se requieran. También se puede usar el EXCELL que nos permite hacer graficas y presentar las curvas de regresión con sus respectivas fórmulas de correspondencia y coeficiente de correlación.





Utilización de los papeles gráficos.

1. Una vez obtenida la serie de datos experimentales el siguiente paso es graficarlas de primera intención en papel milimetrado.

2. Comparar la distribución de los puntos obtenidos con alguna de las funciones conocidas, en el presente laboratorio nos proponemos realizar los ajustes a funciones lineales *(y = a + bx)*, potenciales ($y = a\,x^{b}$, $b \neq 0$ y 1) y exponenciales ($y = a\,e^{bx}$).
3. Si la nube de puntos representados en la gráfica es de tendencia lineal se procede a realizar el ajuste correspondiente, por el método de regresión lineal.
4. Si la distribución de los puntos es no lineal, buscaremos linealizarla del siguiente modo:
   a) Graficar en papel logarítmico, los N pares de datos experimentales (no tomar logaritmos), si se obtiene una distribución lineal, entonces, con certeza estamos frente a una función de tipo potencial de la forma $y = a\,x^{b}$, $b \neq 0$ y 1. Para hacer la regresión lineal, tendríamos previamente que
   b) Graficar en papel semi-logarítmico, los N pares de datos experimentales (no tomar logaritmos), si se obtiene una distribución lineal, entonces, con certeza estamos frente a una función de tipo exponencial de la forma $y = a\,e^{bx}$.

Recomendaciones:

1. Las graficas deben utilizar el máximo de papel, para esto se deben adecuar convenientemente las escalas de los ejes.
2. Solo se deben presentar algunos números representativos que indiquen cómo varía la escala.
3. Las rectas o curvas que se grafiquen deben ser continuas y suaves y que pasen por la mayor densidad de puntos. Para determinar la pendiente en el caso que la gráfica sea una recta, se debe construir un triángulo rectángulo a partir de dos puntos bien separados que pertenezcan a la recta y cuyos catetos sean paralelos a los ejes coordenados. De esta manera se minimizan los errores relativos de construcción y de medición de los catetos y la pendiente se calcula como $\Delta y / \Delta x$.

B. DISEÑO

Consideremos un péndulo simple, y supongamos que deseamos estudiar la relación del período de oscilación con la longitud del mismo. Por ser nuestro objetivo aprender las técnicas de regresión, vamos a usar los valores ya establecidos.

C. MATERIALES

- Una hoja de papel milimetrado
- Una hoja de papel logarítmico
- Una hoja de papel semi-logarítmico
- Una calculadora científica

D. VARIABLES INDEPENDIENTES

La variable independiente por lo general se ubican a lo largo del eje x.

Para nuestro caso es la Longitud de la cuerda.

E. VARIABLES DEPENDIENTES

La variable dependiente por lo general se ubican a lo largo del eje y.

Para nuestro caso es el Periodo de oscilación del péndulo.

F. DATOS EXPERIMENTALES

mediciones	*1*	*2*	*3*	*4*	*5*	*6*	*7*	*8*	*9*	*10*
L (m)	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
T (s)	1.55	2.20	2.69	3.11	3.48	3.81	4.11	4.40	4.66	4.92

G. ANÁLISIS DE DATOS EXPERIMENTALES

Gráficas y ajustes.

1. Usando papeles gráficos

1.1. Graficar T = T(L) en papel milimetrado. ¿A qué función se aproxima esta gráfica?

1.2. Graficar T = T(L) en papel logarítmico. ¿Qué puede afirmar qué función se aproxima esta gráfica? Suponiendo una dependencia de la forma $T = kL^n$ (función potencial) , determine el valor de k y n a partir de su grafica.

1.3. Considerando sus gráficas ¿Diga que tipo de función relaciona las variables en escala logarítmica?

1.4. ¿Cuáles son los cambios de variables necesarios para aplicar el método de regresión lineal? Presente la ecuación T = T(L).

2. Usando la hoja de cálculo Excel.

2.1. Presente una gráfica en escala logarítmica.

2.2. Presente una gráfica en escala milimetrada y ajuste los puntos mediante una *regresión potencial*. Presente la línea de tendencia, la ecuación T = T(L) y el coeficiente de correlación.

3. Usando la calculadora científica.

3.1. La calculadora científica marca Casio – *SPAM* le permite hacer 6 tipos de regresión a su distribución de puntos, sin embargo, usted deberá manejar algunos criterios para elegir la que más convenga.

3.2. Realice el ajuste correspondiente para determinar la ecuación T = T(L). ¿Qué indica el coeficiente de correlación?

H. CUESTIONARIO.

1. De los valores obtenidos para el coeficiente de correlación usando regresión lineal y regresión potencial ¿Cuál de las regresiones ajusta mejor la distribución de puntos? Presente en el mismo gráfico las líneas de tendencia para cada caso.
2. Teóricamente se conoce que el periodo de oscilación para un péndulo simple es $T = 2\pi\sqrt{L/g}$, donde *g* = *9.8 m/s*^{2} es la aceleración de la gravedad. Entonces, comparando esta ecuación con las ecuaciones experimentales T = T(L) obtenidas en (a.1), (a.2), (a.3), encuentre el valor experimental de la gravedad.
3. ¿A que se denomina interpolación y extrapolación?
4. Calcule el valor de T para L = 45 cm y 110 cm.
5. Conociendo la ecuación teórica, realice el siguiente cambio e variable $z = \sqrt{L}$. ¿Qué tipo de tipo de relación hay ahora entre *T* y *z*? Grafique en papel milimetrado esta nueva relación de variables y realice el ajuste correspondiente. Presente la ecuación T= T(L) que se obtiene según este método.

Observación: Hasta aquí se ha trabajado solamente con dos variables, el procedimiento para encontrar la ecuación que las relaciona se llama ***regresión simple***. Cuando se trata de dos o más variables de llama ***regresión múltiple***. El siguiente problema es un caso de este último.

6. Un experimento consistió en investigar el tiempo para vaciar el recipiente por un orificio en el fondo, encontrándose que el tiempo depende del tamaño del orificio y de la cantidad de agua que contiene.
   Los valores obtenidos durante el experimento son:

H (cm)	30	10	4	1
D (cm)	t (seg)	t (seg)	t (seg)	t (seg)
1.5	73.0	43.5	26.7	13.5
2	41.2	23.7	15.0	7.2
3	18.4	10.5	6.8	3.7
5	6.8	3.9	2.2	1.5

Haciendo uso de los papeles gráficos y del método regresión por mínimos cuadrados, determinar:

a. La ecuación t = f(h).
b. La ecuación t = f(D).
c. La ecuación t = f(H,D)
d. El valor de t cuando H = 20 cm y D = 4 (interpolación)
e. El valor de t cuando H = 40 cm y D = 6 (extrapolación)

7. Graficar usando la carta polar (a mano) y también usando el Excell en este caso el ángulo θ debe expresarse en radianes. Identifique cada gráfica.
   a) $r = 4 \text{ sen } 2\theta$ b) $r = 4/(1 - \cos\theta)$
   c) $r^2 = 4\theta$ d) $\log r = a\theta$, a es una constante.

III. CONCLUSIONES.

IV. BIBLIOGRAFÍA

Autor. Título. Editorial. Fecha de impresión. Lugar de Impresión. Número de página(s) consultada(s).

PROCEDIMIENTO PARA USAR LA ***FUNCION REGRESIÓN*** **(REG)**

(Scientific Calculator CASIO fx-82TL S-V.P.A.M.)

---

1. Para ingresar a la función REG oprima [MODE] [3]

2. Usted puede elegir 6 tipos de regresiones:

1	Lin	(Lineal)	1	Pwr	(Potencial)
2	Log	(Logarítmica)	2	Inv	(Inversa)
3	Exp	(Exponencial)	3	Quad	(Cuadrática)

3. Para borrar datos de la memoria oprima [SHIFT] [Scl] [=]

4. Para ingresar datos: Se ingresan uno a uno los pares de datos.

   Por ejemplo, para (5,12) se pulsarán las teclas: 5 [,] 12 [DT]

5. Para calcular los Coeficientes de Regresión A , B:, C y el coeficiente de correlación (r):

   Función Lineal $y = A + Bx$
   Función Potencial $y = A \exp(Bx)$
   Función Cuadrática $y = A + Bx + Cx^2$

   A : [SHIFT] [A] [=] C : [SHIFT] [C] [=]

   B : [SHIFT] [B] [=] r : [SHIFT] [r] [=]

6. Para hallar el valor de (y) cuando se conoce el valor de (x)

   Por ejemplo, para x = 20 se pulsarán las teclas 20 [SHIFT] [$\hat{y}$]

MOVIMIENTO RECTILÍNEO CON ACELERACIÓN CONSTANTE

I. OBJETIVO

Estudiar las relaciones entre la posición, velocidad y aceleración de un cuerpo en movimiento rectilíneo con aceleración constante.

II. EXPERIMENTO

A. MODELO FISICO

En el movimiento rectilíneo con *aceleración constante* la ecuación de la posición en función del tiempo esta dado por la relación:

$$x_{(t)} = x_o + v_o t + \frac{1}{2} a t^2 \qquad (1)$$

Donde, x_o es la posición inicial de la partícula, v_o es la velocidad inicial, a es la aceleración y t es el tiempo transcurrido.

Observemos que si x_o y v_o son iguales a cero la ecuación (1) correspondería a una parábola.

Al derivar la ecuación (1) respecto del tiempo obtendremos la ecuación de la velocidad en función del tiempo:

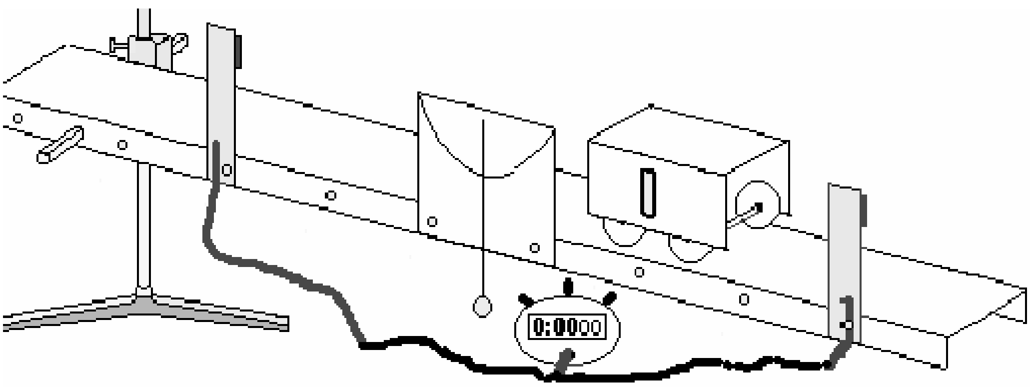
$$\frac{dx}{dt} = v_{(t)} = v_o + at \qquad (2)$$

Para un movimiento bajo aceleración constante. Esta ecuación lineal tiene como pendiente a la aceleración.

La segunda derivada respecto del tiempo de la ecuación (1) es la aceleración *constante.*

$$\frac{d^2x}{dt^2} = a \qquad (3)$$

B. DISEÑO



C. MATERIALES.

- Una pista
- Un carrito
- Cronómetro con circuito de sensores
- Soporte universal
- Una regla graduada en centímetros
- Papel milimetrado
- Un transportador

D. VARIABLES INDEPENDIENTES

Tiempo.

E. VARIABLES DEPENDIENTES

Espacio recorrido, velocidad y aceleración.

F. RANGO DE TRABAJO

Determine el rango de trabajo.

G. PROCEDIMIENTO.

PARTE 1: Preparación del experimento

1. Colocar sobre la mesa de trabajo el soporte universal, sujete a él la pista de tal manera que forme un ángulo menor de 10° con la horizontal. Use un sujetador para fijar la pis ta al soporte universal.
2. En el extremo superior de la pista coloque un tope desde el cual soltará el móvil. Ayúdese de otro sujetador.
3. Fije el *sensor de inicio* a 20 cm por debajo de la posición inicial de lanzamiento, este debe permanecer fijo durante todo el experimento.
4. Coloque el *sensor de parada* a 10 cm del sensor de inicio.

PARTE 2: Prueba del Equipo e Instrumentos (calibración)

1. Ubicar el móvil en el extremo superior de la pista y suéltelo, debe desplazarse libremente.
2. El inicio y la parada del reloj es automático gracias a los sensores.
3. No olvide de presionar el botón RESET para volver a cero el cronómetro.

PARTE 3: Ejecución.

1. Desde el extremo superior de la pista suelte el carrito. Tenga cuidado de recibirlo a final del recorrido.
2. Cuando el móvil haya pasado por el sensor de parada se emite un sonido y el tiempo queda registrado en el cronómetro. Anote este valor en la Tabla Nº 1.

3. Para cada posición realice tres lanzamientos anote los tiempos y calcule el tiempo promedio. Anote en la Tabla 1.

4. Coloque ahora el sensor de parada a 20 cm del sensor de inicio y repita el mismo procedimiento. Continué así hasta que la separación entre los sensores sea de 100 cm.

H. DATOS EXPERIMENTALES

TABLA Nº 1

Nº	x *(cm)*	t_1 *(s)*	t_2 *(s)*	t_3 *(s)*	$\bar{t}$ *(s)*
1	10				
2	20				
3	30				
4	40				
5	50				
6	60				
7	70				
8	80				
9	90				
10	100				

I. ANÁLISIS EXPERIMENTAL

a) Gráficas

1. Presente un gráfico en papel milimetrado para el *espacio recorrido (x) vs. tiempo* ($t_{promedio}$).
2. Presente un gráfico en papel logarítmico para el *espacio recorrido (x) vs. tiempo* ($t_{promedio}$).

b) Ajustes

Realice los ajustes de la distribución de puntos *(x) vs.* Tiempo ($t_{promedio}$) según se indica:

1. Con la ayuda de la hoja de cálculo **MS EXCEL** presente:
   a. Un gráfico en escala logarítmica para (x) vs. tiempo ($t_{promedio}$)
   b. Un gráfico en escala milimetrada para *(x) vs. tiempo* ($t_{promedio}$)
   c. En este segundo gráfico presente la línea de tendencia tipo *regresión polinomial* de grado 2, y muestre también la ecuación y el coeficiente de correlación (R).
2. Con la ayuda de la **calculadora** efectúe una *regresión cuadrática* ($y = A + Bx + Cx^2$), calcule también el factor de correlación (r).

c) Análisis de datos

1. ¿Qué significado físico tienen las constantes A, B y C que se obtienen con la regresión cuadrática?

2. ¿Qué significado físico tienen las constantes que se obtienen con la regresión polinomial de grado 2?
3. Compare estas constantes. ¿Qué concluye?
4. Haga una descripción del movimiento de carrito a partir de las gráficas y las constantes obtenidas de su análisis. Considere las unidades cuando sea preciso.
5. Con la calculadora y/o Excel escoja una regresión de tipo potencial, presente la ecuación y el coeficiente de correlación.
6. ¿Cuál de las dos regresiones es más conveniente para nuestra distribución de puntos? ¿Es de importancia los valores de los coeficientes de correlación? Explique.

d) Cuestionario

1. A partir de los datos tabulados para x *vs,* $t_{promedio.}$ ¿Cuál sería el procedimiento para calcular la velocidad instantánea en un instante particular de t?
2. ¿Cuál sería el procedimiento para calcular la aceleración media?
3. A partir de las ecuaciones obtenidas, ¿puede hallar expresiones para la velocidad y aceleración en función de tiempo? Explique detalladamente.
4. Calcule la velocidad y aceleración en x = 55 cm y en x = 2 m. ¿Las cantidades que obtiene corresponden a los valores medios o instantáneos de la velocidad y aceleración? Explique.
5. Según los datos obtenidos en la experiencia, se puede afirmar que, para intervalos iguales de tiempos transcurridos, los espacios son también iguales?

III. CONCLUSIONES

IV. BIBLIOGRAFÍA

Autor. Título. Editorial. Fecha de impresión. Lugar de Impresión. Número de página(s) consultada(s).

I. OBJETIVO

1. Investigar el carácter independiente de las componentes vertical y horizontal del movimiento.
2. Determinar la ecuación de la trayectoria del proyectil.

II. EXPERIMENTO

A. MODELO FÍSICO

Cuando se lanza un proyectil, esta describe una trayectoria aproximadamente parabólica. Este movimiento puede ser analizado de manera sencilla en dirección horizontal y vertical haciendo uso del *principio de independencia del movimiento*.

Así, en la dirección horizontal el movimiento se realiza a rapidez constante, y su posición estará determinado por:

$$x = v_x t \tag{1}$$

En dirección verticalmente el movimiento es con aceleración constante, en este caso la aceleración de la gravedad, y la ecuación que determina su posición vertical es:

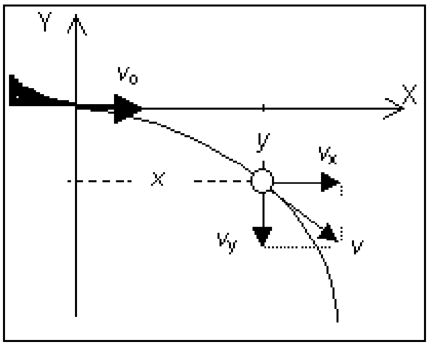
$$y = v_y t - \frac{1}{2} g t^2 \tag{2}$$

Estas dos relaciones que tienen como parámetro al tiempo *t* son las llamadas *ecuaciones paramétricas* del movimiento de proyectiles. Combinado estas encontramos la *ecuación cartesiana de la trayectoria* que describe el movimiento de un proyectil.

$$y = x\left(\frac{v_y}{v_x}\right) - \frac{1}{2} g \left(\frac{x}{v_x}\right)^2 \tag{3}$$

Como se observa la ecuación es la ecuación e una parábola, de ahí que al movimiento de proyectiles se le conoce también como movimiento parabólico.

B. DISEÑO



C. MATERIALES.

Soporte Universal
Regla graduada en cm
Papel milimetrado
Rampa para proyectiles
Esfera metálica
Papel Carbón, papel en blanco

D. VARIABLES INDEPENDIENTES

Identifique la variable independiente.

E. VARIABLES DEPENDIENTES

Identifique la variable dependiente.

F. RANGO DE TRABAJO

Establezca el rango de trabajo.

G. PROCEDIMIENTO.

PARTE 1 : Preparación del experimento

Disponer el equipo para movimiento de proyectiles, tal como se muestra en la figura

PARTE 2 : Prueba del Equipo e Instrumentos (calibración)

1. Sobre la rampa curva en el punto más alto deje caer una de las esferas, verifique que no haya obstáculos en la rampa, realice varios intentos hasta conseguir que la esfera haga un recorrido correcto.
2. A priori pronostica el punto de impacto donde debe colocarse el blanco, hacer varios intentos.

PARTE 3 : Ejecución.

1. Ubique la esfera en el punto más alto de la rampa, sujétalo con un lápiz. Todos intentos deben empezar en esta misma posición
2. Ubique el blanco a una altura de 20 cm con respecto al piso.
3. Incremente la posición del blanco del proyectil de 5 cm en 5 cm y anote sus resultados en la tabla Nº 1

H. DATOS EXPERIMENTALES

TABLA N° 1

N°	x_1 (cm)	x_2 (cm)	x_3 (cm)	x_{prom} (cm)	y (cm)
1					
2					
3					
4					
5					
6					

I. ANÁLISIS EXPERIMENTAL

a) Gráficas

1. Con los datos obtenidos en la tabla 1 presente una gráfica $y=y(x)$ en papel milimetrado
2. Con los datos obtenidos en la tabla 1 presente una gráfica $y=y(x)$ en papel logarítmico

b) Ajustes

1. De sus gráficas ¿qué concluye?
2. Ajuste de su distribución de puntos siguiendo el *procedimiento manual*, para ello complete la tabla (haga las transformaciones de ser necesario) para aplicar el método de regresión lineal.
3. Ahora ajuste usando su calculador encuentre los coeficientes y el factor de correlación para una regresión lineal, potencial y cuadrática. ¿Cuál de estas tres ajusta mejor la distribución de puntos? ¿Por qué?
4. Valiéndose del Excel, presente un gráfico $y = y(x)$ en escala logarítmica y otra en escala milimetrada en esta última presente las líneas de tendencia lineal, potencial y polinomial de grado 2 con sus ecuaciones y coeficiente de correlación respectivamente, use colores para diferenciarlas. ¿Cuál de estos tres ajusta correctamente su distribución de puntos?

J. CUESTIONARIO

1. A partir de la ecuación y = y(x) calculada en apartado anterior calcule el valor de la rapidez inicial al momento de abandonar la rampa.
2. Conociendo la velocidad inicial y el punto de impacto en el piso hallar el tiempo que tarda la caída.
3. Indique los errores sistemáticos que se han presentado durante la experiencia, luego explique como a minimizado o tratado de corregir estos errores.
4. ¿Qué sucede si la masa en movimiento, en la experiencia, fuera mucho más grande o más pequeño?
5. ¿Porque es necesario despreciar la resistencia del aire?

III. CONCLUSIONES.

IV. BIBLIOGRAFÍA

Autor. Título. Editorial. Fecha de impresión. Lugar de Impresión. Número de página(s) consultada(s).

SEGUNDA LEY DE NEWTON

I. OBJETIVOS

1. Verificar la validez de la segunda ley de Newton.
2. Estudiar la dependencia de la aceleración con la fuerza aplicada a un objeto de masa constante.
3. Estudiar la dependencia de la aceleración con la masa para un objeto sometido a la acción de una fuerza constante.

II. EXPERIMENTO

A. FUNDAMENTO TEORICO

Las leyes de Newton nos ofrecen un modelo muy bueno del comportamiento mecánico de la materia. Utilizaremos los conceptos de *fuerza* y *masa* para describir el cambio en el movimiento de las partículas.

La **segunda ley de Newton** conocida también como *ley fundamental de la dinámica* se enuncia del siguiente modo:

Una partícula sobre la que actúa una fuerza no equilibrada F experimenta una aceleración a con la misma dirección que la fuerza, así como la magnitud directamente proporcional a la fuerza.

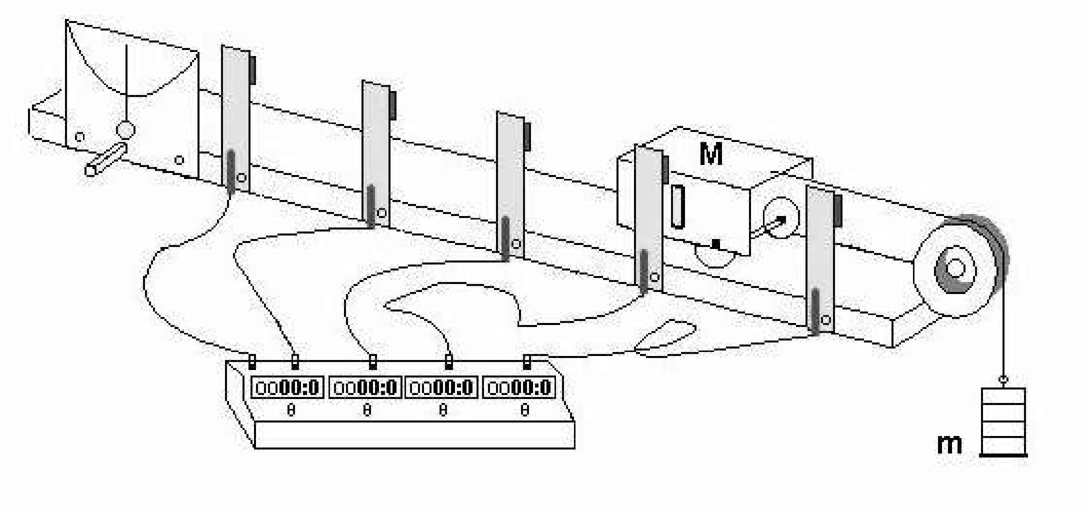
Es posible registrar las mediciones de la fuerza y aceleración en un laboratorio, de modo que, de acuerdo con la segunda ley, si a una partícula se le aplica una fuerza F conocida, será posible medir la aceleración de dicha partícula. Debido a que la fuerza y la aceleración son directamente proporcionales se puede determinar la constante de proporcionalidad, m , a partir de la relación m=F/a. el escalar positivo m se conoce como la masa de la partícula. Al ser constante durante cualquier aceleración, m proporciona una medición cuantitativa de la resistencia de la partícula a un cambio en su velocidad.

Si la masa de la partícula es m, es posible escribir la segunda ley de Newton en forma matemática como

$$\vec{a} \; \alpha \; \vec{F}_{neta} / m$$

A esta ecuación se le conoce como la ecuación del movimiento, es una de las formulas mas importantes en la mecánica, y su validez se fundamenta en la manera exclusiva en evidencia experimental.

B. DISEÑO



C. MATERIALES E INSTRUMENTOS

1 carril con censores magnéticos y polea.

1 MDT

1 balanza

1 portapesas

5 arandelas

5 pesas

1 cuerda de 1.5 m

1 regla de 1 m

D. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

PARTE 1: PRUEBA DEL EQUIPO E INSTRUMENTOS

1. Coloque el carril sobre la mesa de trabajo, e instale los accesorios según la figura.
2. Atar en un extremo libre de la cuerda el portapesas y en el otro el móvil.
3. Cuide que la cuerda pase por la polea y permanezca siempre tensa.
4. Cuide que el móvil se desplace libremente sobre la pista.

PARTE 2: EJECUCION DEL EXPERIMENTO Y TOMA DE DATOS

a) Dependencia de la aceleración con la fuerza aplicada a un objeto de masa constante.

En esta experiencia mantenga constante la masa del carrito (M), y calcule su aceleración para masas diferentes en el portapesas (m).

***Procedimiento**:*

1. Determine el valor de la masa (M) del carrito. Anote en la Tabla 1.
2. Elija una masa (m) en el portapesas. Anote su valor en la tabla 1.
3. Colocar los cinco censores magnéticos a una distancia de 20 cm entre sí.
4. Fijar la posición de partida del carrito, cuidando que la distancia entre el primer censor y el censor fijo en el carrito sea aproximadamente 2.0 cm.
5. Suelte el carrito. Cuidando que los cronómetro del MDT marquen CERO al iniciar el movimiento.
6. Espere al móvil en el otro extremo de la pista. NO LO DEJE CAER AL SUELO.
7. NO OLVIDE DE RESETEAR EL MDT PARA CADA PASADA..
8. Repetir desde el paso 4 para las otras masas del portapesas.

TABLA 1

$M_{carrito}$ = g				v_o = 0				
Pasada	m	d (cm)	t_1 (s)	t_2 (s)	t_3 (s)	t_4 (s)	t (s)	a (cm/s^2)
1		20						
2		40						
3		60						
4		80						
5		100						

b) Dependencia de la <u>aceleración</u> con la <u>masa</u> bajo la acción de una fuerza constante:

En esta experiencia se debe variar la masa (M) del carrito y calcular su aceleración manteniendo constante la masa en el portapesas (m).

Procedimiento:

1. Determine el valor de la masa (m) del portapesas. Anote en la tabla 2.
2. Elija una masa (M) para el móvil. Anote su valor en la tabla 2.
3. Repita desde el paso 3 al 8 el procedimiento anterior.

TABLA 2

$m_{portapesas}$ = g				v_o = 0				
Pasada	M	d (cm)	t_1 (s)	t_2 (s)	t_3 (s)	t_4 (s)	t (s)	a (cm/s^2)
1		20						
2		40						
3		60						
4		80						
5		100						

E. ANALISIS DE RESULTADOS

a) Dependencia de la aceleración con la fuerza aplicada a un objeto de masa constante.

1. Con los datos de la tabla 1 completar la siguiente tabla:

TABLA 3					
1 / a					
1 / m					

2. Graficar en papel milimetrado 1 / a versus 1 / m. ¿Qué obtiene?
3. Hallar la ecuación de la gráfica.
4. ¿Qué representan las constantes de la ecuación?
5. Calcule experimentalmente el valor de la aceleración de la gravedad.
6. Calcule experimentalmente el valor de la masa M del carrito.
7. Usando el EXCEL grafique y encuentre la ecuación que relacionan las variables.
8. Compare sus resultados con el valor de la masa M determinada con la balanza y con el valor teórico de g = 9.8 m/s. ¿Cuál es el porcentaje de error?

b) Dependencia de la aceleración con la masa bajo la acción de una fuerza constante.

1. Con los datos de la tabla 2. Graficar en papel milimetrado la aceleración en función de la masa del móvil, de manera tal que obtenga una recta.

TABLA 4					
a					
1 / M					

2. Graficar en papel milimetrado a versus 1/M. ¿Qué obtiene?
3. Hallar la ecuación de la gráfica.
4. Qué representan las constantes de la ecuación?
5. Calcule la fuerza de TENSION aplicada al carro a partir de la ecuación de su gráfica.
6. Calcule teóricamente esta fuerza de Tensión.
7. Usando el EXCEL grafique y encuentre la ecuación que relacionan las variables.
8. Compare resultados. ¿Cuál es el porcentaje de error?

F. CUESTIONARIO

1. ¿Porqué es necesario que el móvil comience su movimiento desde el reposo?
2. ¿Es la fuerza que actúa sobre el móvil igual al peso en portapesas? Justifique.
3. ¿Se presentan fuerzas de rozamiento durante el experimento, de que tipo, porque no se considera?
4. ¿Se verifica la segunda ley de Newton en este experimento?

III. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

IV. BIBLIOGRAFÍA

Autor. Título. Editorial. Fecha de impresión. Lugar de Impresión. Número de página(s) consultada(s).

I. OBJETIVO

- Cuantificar el coeficiente de rozamiento, para diferentes materiales
- Verificar la oposición de las fuerzas al movimiento de los cuerpos

II. EXPERIMENTO

A. MODELO FÍSICO

Fuerza de Fricción

La fuerza de rozamiento llamado también fuerza de fricción, es aquella fuerza de origen electromagnético que se pone de manifiesto cuando un cuerpo trata de moverse o desplazarse a través de una superficie rugosa, oponiéndose a su desplazamiento o traslación

La fuerza de fricción (F_r) es proporcional a la fuerza normal (N), siendo la constante de proporcionalidad (μ) llamado coeficiente de rozamiento.

$$F_r = \mu N \tag{1}$$

Características de la fuerza de rozamiento

- Las fuerzas de fricción son tangentes a la superficie de contacto.
- Dependen del material de los cuerpos en contacto, así como del estado de las superficies: (Características de elaboración, temperatura, humedad, lubricación).
- Están dirigidas en sentido opuesto al sentido en que las fuerzas aplicadas desplazan a los cuerpos en contacto.
- Puesto que el movimiento relativote dos cuerpos en contacto se realiza a través de una superficie común de contacto se puede decir que las fuerzas de rozamiento son como tentáculos que partiendo de la superficie que suponemos fija trata de impedir que el cuerpo se desplace sobre otro cuerpo.

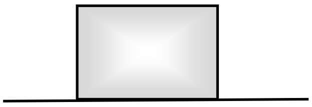
Clases de Rozamiento

A) Rozamiento Estático (F_S)

Es aquella que se opone al intento de desplazamiento que trata de realizar un cuerpo sobre una superficie áspera o rugosa, su modulo es variable puesto que depende de la fuerza exterior.

Un ejemplo de este caso es cuando intentamos deslizar un metal sobre otro no lubricado, parece que en un instante de tiempo ambas superficies estuvieran soldadas, esto es debido a la adhesión que existe entre las moléculas de ambos cuerpos, de sus partes salientes.

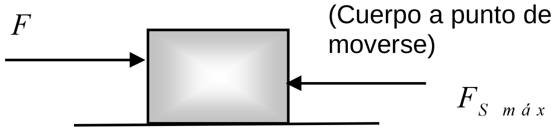
(Cuerpo en reposo)



$F_S = 0$
No hay intento de movimiento

Luego de sucesivos aumentos de la fuerza externa F

(Cuerpo a punto de moverse)



$F = F_{S\,máx.}$
Entonces puede apreciarse
$0 < F_{S\,max} <= F$

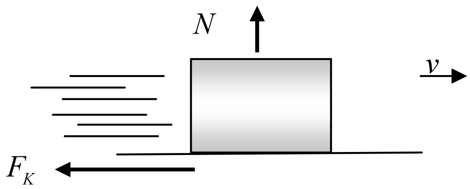
Siendo

$$F_S = \mu_s N \tag{2}$$

Donde F_S es la fuerza de rozamiento estático y μ_S es el coeficiente de rozamiento estático.

B) Rozamiento Cinético (F_K)

Es aquella que se presenta durante el movimiento de los cuerpos, oponiéndose a su deslizamiento a través de la superficie áspera.



Siendo

$$F_K = \mu_K N \tag{3}$$

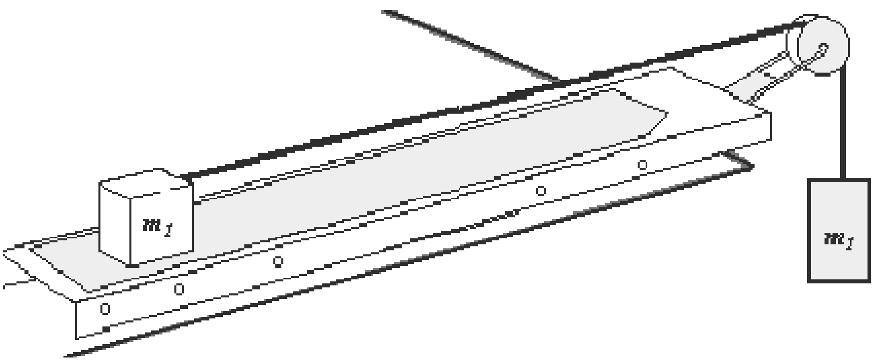
Donde F_K es la fuerza de rozamiento cinético y μ_K es el coeficiente de rozamiento cinético.

Observaciones:
Se comprueba experimentalmente que

1) $F_K < F_S$

2) $\mu_K < \mu_S$

B. DISEÑO



C. MATERIALES.

Soporte Universal	Pista para rozamiento
Hilo	Juego de pesas
Móvil de fricción	Láminas de vidrio

D. VARIABLES DEPENDIENTES

Estas son el coeficiente de rozamiento (μ) y la aceleración (a)

E. VARIABLES INDEPENDIENTES

Estas son masa (m), gravedad (g), tiempo (t), distancia (d)

F. PROCEDIMIENTO.

PARTE 1 : Preparación del experimento

1. Disponer el equipo como se muestra en la figura, de tal forma que el carril forme 0º con la horizontal

PARTE 2 : Prueba del Equipo e Instrumentos (calibración)

1. Verifique que el medidor de ángulos no tenga obstrucciones cuando se realiza la inclinación de la pista con respecto a la mesa.
2. Verifique que las láminas de plástico, metal, madera encajen correctamente sobre el carril.

PARTE 3 : Ejecución.

1. Cálculo del Coeficiente de Fricción estática (μ_S): Método Estático

a) Con la balanza encuentre la masa (M) del bloque. Anote en la tabla Nº 1.
b) Para el portapesas encuentre la masa de cada arandela del portapesas. Empezando con el portapesas incremente progresivamente las arandelas hasta que el movimiento del bloque sea inminente. Calcule la masa total en el portapesas (m). la fuerza de fricción estática es la fuerza máxima que actúa inmediatamente antes que el bloque empiece a moverse. Anote sus resultados en la tabla Nº 1.
c) Repetir tres veces el mismo proceso cuidando de colocar el bloque en otras posiciones del carril. Anote en la tabla Nº 1.
d) Cambie a otro material en la superficie del carril, y repita todo lo anterior. Anote en la tabla Nº 1.

2. Cálculo del Coeficiente de Fricción Cinética (μ_K) : Método Dinámico

1. Conecte los sensores magnéticos en el carril a una distancia de 0.5 m entre si.

2. Tenga cuidado que le bloque empiece su movimiento desde el reposo. Ponga un tope de inicio en el carril
3. Anote el tiempo transcurrido en recorrer 0.5 m. con estos datos calcule la aceleración del bloque. Anote sus resultados en la tabla Nº 2.
4. Anote el valor de la masa total en movimiento en la Tabla Nº 2

G. DATOS EXPERIMENTALES

a) Cálculo del coeficiente de fricción estática (μ_S)

TABLA Nº 1

Angulo de Inclinación θ =					
Posición **Nº**	**Masa del portapesas (Movimiento inminente)** $m(g)$	**Masa del Bloque** $M(g)$	**Superficie Madera** μ_{S1}	**Superficie Fórmica** μ_{S2}	**Superficie Vidrio** μ_{S3}
1					
2					
3					
--	------	Promedio			
--	------	Desviación estándar			

b) Cálculo del coeficiente de fricción cinética (μ)

$$g = 9.81 m/s^2$$

TABLA Nº 2

Angulo de inclinación θ =						
posición **Nº**	Masa del portapaesas (en movimiento) $m(g)$	Masa del bloque $M(g)$	aceleración $a(m/s^2)$	Superficie madera μ_{K1}	Superficie Fórmica μ_{K2}	Superficie Vidrio μ_{K3}
1						
2						
3						
---	----	Promedio				
---	----	Desviación estándar				

H. CUESTIONARIO

1. ¿Los resultados obtenidos, son los esperados?
2. Demuestre que el coeficiente de rozamiento estático cuando el bloque esta a punto de moverse es:

$$\mu_S = \left| tg\theta - \frac{m}{M\cos\theta} \right|$$

3. Demuestre que el coeficiente de rozamiento cinético cuando el bloque esta resbalando en un plano inclinado es

$$\mu_K = \left| \frac{(Msen\theta - m)(M+m)a}{Mg\cos\theta} \right|$$

4. Encuentre la expresión para μ_K cuando el bloque esta subiendo a través de un plano inclinado.

III. CONCLUSIONES

IV. BIBLIOGRAFÍA

Autor. Título. Editorial. Fecha de impresión. Lugar de Impresión. Número de página(s) consultada(s).

I. OBJETIVO

- Estudiar un sistema conservativo y medir la magnitud de la constante de elasticidad de un resorte.
- Observar el intercambio de energía potencial gravitatoria y la energía potencial elástica.

II. EXPERIMENTO

MODELO FÍSICO

La *elasticidad* es una propiedad de los cuerpos que determina el límite para el cual un cuerpo recupera su forma y su tamaño original, después de ser comprimido o estirado por una fuerza externa.

Las fuerzas elástica y gravitatoria pertenecen al tipo de fuerzas conservativas. El trabajo realizado por estas fuerzas solo depende de las posiciones inicial y final del objeto y es independiente de la trayectoria. En estas circunstancias se define la *energía potencial* como la energía asociada con la posición relativa o configuración de un objeto y se define como la capacitad que tiene el objeto para realizar trabajo.

Energía potencial gravitatoria (E_{pg})

Es al energía asociada con la posición en el seno de un campo gravitatorio, en nuestro caso originado por la tierra. Matemáticamente se define así: $E_{pg} = mgh$

Donde m es la masa, *g* es la aceleración de la gravedad y *h* es la altura donde se ubica el objeto con respecto a un *nivel de referencia* arbitrario.

Energía potencial elástica (E_{pe})

Es la energía asociada con la deformación de un resorte que cumple con ley de Hooke. Está definido matemáticamente así: $E_{pe} = \frac{1}{2}kx^2$

Donde *k* es la constante de elasticidad y *x* es la deformación del resorte.

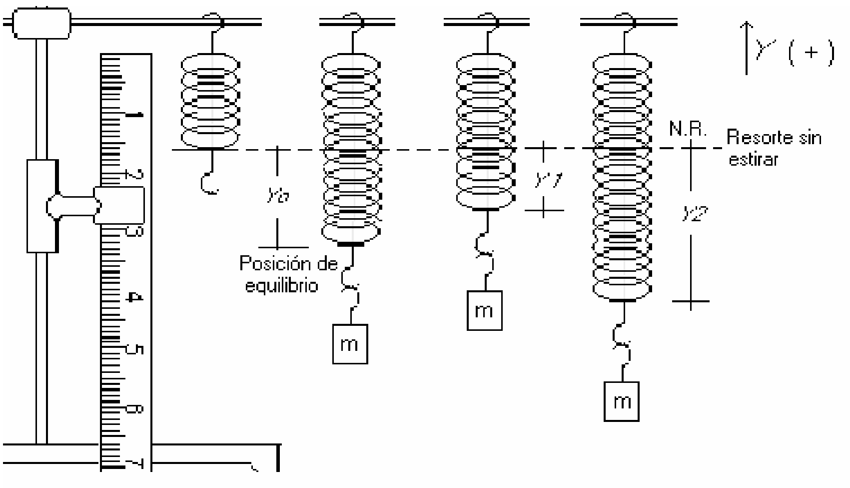
Consideremos un resorte suspendido por uno de sus extremos y en el otro unido a un bloque de masa *m*, ver figura. Si desde la posición de equilibrio del resorte (y_o) soltamos el bloque, este deformará al resorte una distancia *x* por acción de su peso, produciéndose un trabajo que puede ser calculado como la variación de la energía potencial gravitatoria.

$$W = \Delta E_{pg} \qquad (1)$$

Mientras el resorte se deforma la fuerza elástica hace que este se almacene energía potencial elástica, luego el trabajo realizado por la fuerza elástica es igual al negativo de la variación de la energía potencial elástica.

$$W = -\Delta E_{pg} \qquad (2)$$

DISEÑO



MATERIALES.

Resorte
Regla de 1m graduada en cm
Prensas
Juego de pesas y portapesas
Soporte universal

VARIABLES INDEPENDIENTES

Reconocer las variables independientes

VARIABLES DEPENDIENTES

Reconocer las variables dependientes

RANGO DE TRABAJO

Verificar el rango de trabajo. Cuide de no sobrepasar el límite elástico del resorte.

PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

PARTE 1 : Preparación del experimento

1. Disponer el equipo como se indica en la figura.
2. Determinar el “cero” en la regla a partir de ella se harán las mediciones, para ello haga coincidir el extremo inferior del resorte con un punto que permita una fácil lectura.

PARTE 2 : Prueba del Equipo e Instrumentos

1. Coloque una masa en el extremo no suspendido del resorte y suéltelo compruebe que esta se deforma y recupera con normalidad.
2. Verifique que al oscilar el resorte esta se lleve a cabo solamente en la dirección vertical.

PARTE 3 : Ejecución.

1. Coloque en el extremo del resorte una masa ***m***, suelte, deje que se equilibre y cuando está en reposo anote el estiramiento (y_o) con respecto al "cero". Anote sus resultados para cinco diferentes masas, en la tabla Nº 1
2. Con cada masa colocada en el paso anterior. Comprima el resorte hacia arriba unos 5 cm aproximadamente. Lea en la regla la posición (y_1) ahora suelte, observe hasta donde se estira (y_2) y anote la longitud comprimida y estirada en la tabla Nº 1
3. Repita cada ejecución unas tres veces para obtener una mejor precisión de los datos.

TABLA Nº 1

y_o = (m) ; y_1 = (m)

$y_{2\text{-}1}$(m)	$y_{2\text{-}2}$(m)	$y_{2\text{-}3}$(m)	$y_{2\text{-prom}}$(m)	Masa (g)	E_{pe} (J)	E_{pg} (J)

ANÁLISIS DE RESULTADOS

a) Gráficas

1. Presente una gráfica de (E_{pg} vs y) en hoja milimetrado.
2. Presente una gráfica (E_{pe} vs. y) también (E_{pe} vs. y^2) en hoja milimetrado.

b) Ajustes

Ajuste las curvas usando la calculadora, el excel o los métodos tradicionales.

CUESTIONARIO

1. De la gráfica en papel milimetrado cuál es el valor de la constante del resorte?
2. Qué sucede con la energía potencial elástica cuando se suelta el resorte después de haberlo comprimido
3. Si una fuerza realiza trabajo en contra del movimiento, es necesariamente una fuerza conservativa?

III. CONCLUSIONES

IV. BIBLIOGRAFÍA

Autor. Título. Editorial. Fecha de impresión. Lugar de Impresión. Número de página(s) consultada(s).

COLISIONES

I. OBJETIVOS

1. Comprobar el principio de la conservación de la cantidad de movimiento durante un fenómeno de colisión frontal.
2. Determinar el coeficiente de restitución.

II. EXPERIMENTO

A. FUNDAMENTO TEORICO

El momento lineal de una partícula de masa m que se desplaza con velocidad **v** se define como el producto de la masa por la velocidad:

$$\mathbf{p} = m\mathbf{v}$$

La segunda ley de Newton relaciona el momento lineal de una partícula con la fuerza resultante que actúa sobre ella según la relación:

$$\mathbf{F} = d\mathbf{p}/dt$$

esto indica, *la razón con la que cambia el momento lineal de una partícula es igual a la fuerza neta que actúa sobre ella*. De aquí se deduce que **p** debe permanecer invariable para una partícula *aislada*, es decir, la fuerza neta sobre ella es cero.

Consideraremos ahora un sistema compuesto de dos partículas que pueden interactuar libremente entre sí, es decir, no hay fuerzas externas actuando sobre ellas; cada partícula puede ejercer una fuerza sobre la otra que se rige según la tercera ley de Newton, esto es, las fuerzas son de igual magnitud y direcciones opuestas que se cancelan mutuamente por ser fuerzas internas del sistema, entonces se puede afirmar que la fuerza neta sobre el sistema es cero y el momento total del sistema debe permanecer invariable:

$$\mathbf{P}_{total} = \mathbf{p}_1 + \mathbf{p}_2 = \text{constante}$$

o lo que es lo mismo:

$$\mathbf{p}_{1i} + \mathbf{p}_{2i} = \mathbf{p}_{1f} + \mathbf{p}_{2f}$$

Donde $\mathbf{p}_{1i}$ y $\mathbf{p}_{2i}$ son los valores iniciales, $\mathbf{p}_{1f}$ y $\mathbf{p}_{2f}$ son los valores finales del momento durante el instante de tiempo que dura la interacción.

Este resultado se conoce como la **ley de conservación del momento lineal** el cual establece que, *el momento total de un sistema aislado es igual en todo instante a su momento inicial***.**

COEFICIENTE DE RESTITUCIÓN (e):

Una colisión unidimensional también puede describirse mediante el coeficiente de restitución *e* que se define por el cociente de la rapidez relativa de los objetos que se separan

$$e = -\frac{\text{(rapidez relativa de los objetos que se separan)}}{\text{(rapidez relativa de los objetos que se acercan)}}$$

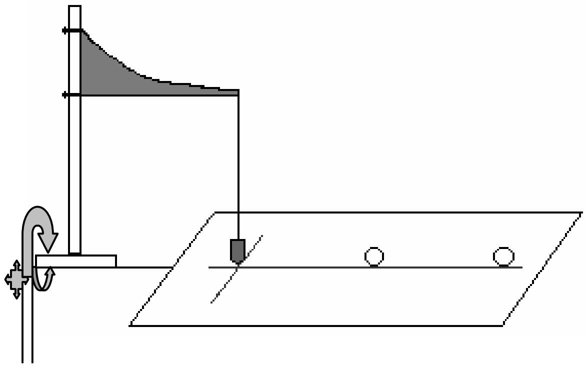
$$e = \frac{u_B - u_A}{v_A - v_B}$$

Los valores de *e* van desde 1 (colisión elástica) hasta 0 (colisión perfectamente inelástico).

B. MATERIALES.

Rampa para colisiones
Una plomada
Una regla de 1 m graduada en cm
Una hoja de papel carbón
Hojas de papel en blanco
Una prensa
Dos esferas de metal de igual diámetro con masas ligeramente diferentes.

C. DISEÑO



D. VARIABLES INDEPENDIENTES

Longitud, masa de la partícula.

E. VARIABLES DEPENDIENTES

Velocidad, momento lineal y el coeficiente de restitución.

F. PROCEDIMIENTO

PARTE 1: Preparación del experimento

1. Disponer el equipo y materiales de trabajo como se indica en la figura.

PARTE 2: Calibración del equipo

1. Trace un par de ejes perpendiculares como se muestra en la figura.
2. Haga coincidir la punta de la plomada con el punto de intersección de los ejes.
3. Realice lanzamiento de prueba para determinar la caída del proyectil, este debe caer sobre el eje *x*, ahora asegure con cinta adhesiva la hoja blanca.

4. Coloque el papel carbón encima de la hoja blanca cuidando que los rebotes del proyectil no caigan sobre el papel carbón.

PARTE 3: Ejecución

1. Coloque la esfera de mayor masa (m_1) en la parte mas alta de la rampa, suéltelo, mida la distancia (x_{1i}) desde el origen de coordenadas al punto de impacto en el suelo, repita esto tres veces.
2. Ahora, coloque la esfera de menor masa (m_2) en la parte mas baja de la rampa.
3. Coloque la esfera de mayor masa en la parte superior de la rampa y suéltelo.
4. Después de la colisión las esfera registrarán marcas en el papel blanco. Mida las distancias con respecto al origen de coordenadas y anótelos en la tabla Nº 1, (x_{1f} y x_{2f} son las distancias de las masas m_1 y m_2, respectivamente)

G. RESULTADOS

Escriba en la siguiente tabla los valores de las mediciones directas.

TABLA Nº 1

	m_1 = kg		m_2 = kg	
		antes colisión	después colisión	
N°	H (m)	X_{1i} (m)	X_{1f} (m)	X_{2f} (m)
1				
2				
3				
promedio				

H. ANÁLISIS DE RESULTADOS

A partir de la tabla 1, calcule las velocidades y los momentos lineales (mediciones indirectas) de las esferas.

Cálculo de la velocidad:

De la ecuación de la trayectoria para el movimiento parabólico

TABLA N° 2

v_{1i}	v_{1f}	v_{2f}	(m/s)
p_{1i}	p_{1f}	p_{2f}	(kg.m/s)
$p_{T\,i}$ =	$p_{T\,f}$ =		

I. CUESTIONARIO

1. De los resultados obtenidos en la tabla 2, ¿se puede afirmar que el momento lineal se conserva?
2. ¿Cuál es el porcentaje de error? ¿A que se debe?
3. ¿Cuál es el valor del coeficiente de restitución? ¿Qué tipo de colisión es el estudiado?
4. ¿Qué pasa con la energía cinética durante el fenómeno de colisión?
5. ¿Qué es una colisión frontal?
6. ¿Qué es una colisión oblicua?

III. CONCLUSIONES

IV. BIBLIOGRAFÍA

Autor. Título. Editorial. Fecha de impresión. Lugar de Impresión. Número de página(s) consultada(s).

I. OBJETIVOS

1. Estudiar el movimiento combinado de rotación y traslación sin deslizamiento de un cuerpo rígido.
2. Calcular el momento de inercia de un sólido en rotación.

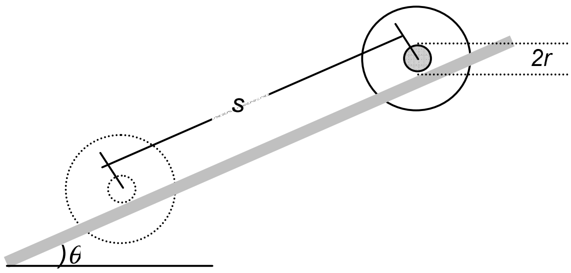
II. FUNDAMENTO TEORICO

A. MODELO FISICO

Parte 1. CALCULO DEL MOMENTO DE INERCIA. METODO ENERGÉTICO.

La rueda de Maxwell es un cuerpo rígido de masa *M* formado por un disco de radio *R* y un eje cilíndrico concéntrico de radio *r* ($r < R$). Sea *I* su momento de inercia con respecto al eje que pasa por el centro de masa *G*, paralelo al eje de la rueda.

Consideremos que la rueda baja rodando sin resbalar a lo largo de dos rieles inclinados. Podemos describir este movimiento complejo en función de otros más sencillos, a saber: primero, un movimiento de traslación que es equivalente al movimiento del centro de masa *G*, y segundo, de un movimiento de rotación con velocidad angular w_G alrededor del eje que pasa por *G*.



El hecho de que el cuerpo *"ruede sin resbalar"* permite despreciar las fuerzas de rozamiento por rodadura por ser pequeñas. En estas condiciones se puede aplicar el Teorema de la Conservación de la Energía Mecánica (TCEM) considerando que para un cuerpo rígido que se traslada y rueda simultáneamente la energía mecánica es $E_M = T_T + T_R + V$; donde T_T es la energía cinética de traslación, T_R es la energía cinética de rotación y *V* es la energía potencial gravitatoria.

Aplicando TCEM en las posiciones inicial y final y considerando que el cuerpo parte del reposo se tiene:

$$M\,g\,h = \frac{1}{2} M V_G^2 + \frac{1}{2} I\, w_G^2 \qquad (1)$$

Donde:

V_G es la velocidad de traslación del centro de masa.

w_G es la velocidad angular alrededor del centro de masa.

Por otro lado:

$$w_g = V_g / r \qquad (2)$$

$$h = s \operatorname{sen} \theta \qquad (3)$$

Puede demostrarse que el movimiento de traslación de la rueda es uniformemente acelerado y que:

$$V_G = 2s \,/\, t \tag{4}$$

Siendo s la distancia recorrida por el centro de masa en el tiempo t.

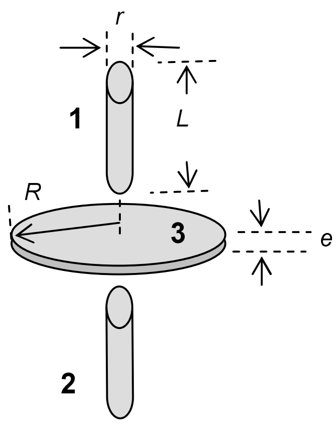
Reemplazando las ecuaciones (2), (3) y (4) en (1) se encuentra la expresión deseada para el momento de inercia:

$$I = \left(\frac{g\, t^2\, \mathrm{sen}\,\theta}{2\, s} - 1 \right) M\, r^2 \tag{5}$$

PARTE 2. CALCULO DEL MOMENTO DE INERCIA. METODO GEOMÉTRICO.

Otra forma alternativa para calcular el momento de inercia de la rueda de Maxwell es el siguiente:

Consideremos la rueda homogénea y de densidad uniforme, compuesta de otras formas más simples, entonces "*el momento de inercia total es igual a la suma de los momentos de inercia de las partes componentes respecto del mismo eje"*.



La masa de cada componente se puede expresar como: $m_i = \frac{M}{V} V_i$

El momento de inercia total respecto a la eje que pasa por el centro de la rueda será: $I = I_1 + I_2 + I_3$

$$I = \frac{M}{2V} \left[r^2 \left(V_1 + V_2 \right) + R^2 V_3 \right]$$

B. MATERIALES E INSTRUMENTOS

- 1 Rueda de Maxwell
- 1 Dispositivo para medir ángulos
- 1 Calibrador Vernier o pie de rey
- 1 Regla graduada
- 1 Riel paralelo
- 1 Balanza
- 1 Cronómetro con sensores magnéticos.

C. VARIABLES INDEPENDIENTES

Indicar las variables independientes.

D. VARIABLES DEPENDIENTES.

Indicar las variables dependientes

E. PROCEDIMIENTO

PARTE 1. CALCULO DEL MOMENTO DE INERCIA POR COSERVACION DE LA ENERGIA

1. Mida la masa y el radio del eje de la rueda de Maxwell. Anote en la Tabla 1.
2. Elija un ángulo de inclinación θ para los rieles de tal forma que la rueda no resbale.
3. Marque sobre los rieles una distancia *s*.
4. Suelte la rueda en $s = 0$ y mida el tiempo que tarda en recorrer la distancia s. Repita dos veces para el mismo ángulo. Anote sus resultados en la Tabla 1.
5. Repita el mismo procedimiento para otros tres ángulos de inclinación

TABLA 1

M (g) =				*r (cm) =*		
Angulo	t_1 (s)	t_2 (s)	t_3 (s)	t (s)	s (m)	I (kgm^2)
I (kgm^2) =						

PARTE 2: CALCULO DEL MOMENTO DE INERCIA DE SISTEMAS COMPUESTOS

1. Mida la masa de la rueda de Maxwell . Anote en la Tabla 2.
2. Mida las dimensiones del disco (radio, espesor) y la parte superior e inferior del eje del disco (radio y altura). Anote en la Tabla 2.
3. Calcule el momento de inercia de la rueda de Maxwell.

TABLA 2

M (g)					
r_1 (cm)		L_1 (cm)		V_1 (cc)	
r_2 (cm)		L_2 (cm)		V_2 (cc)	
R (cm)		e (cm)		V_3 (cc)	
				V (cc)	
I (kgm^2) =					

F. ANALISIS DE RESULTADOS

1. Con los datos de la Tabla 1. Calcule el valor promedio del momento de inercia de la rueda de Maxwell.
2. Con los datos de la Tabla 2. Calcule el valor del momento de inercia.
3. Exprese el error relativo de cada uno de los valores del momento de inercia calculados experimentalmente con respecto al valor teórico dado por la ecuación (5).

G. CUESTIONARIO

1. ¿A que se denomina eje instantáneo de rotación?
2. ¿Qué es el momento de inercia? ¿Para qué se utiliza?

III. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

IV. BIBLIOGRAFIA

Autor. Título. Editorial. Fecha de impresión. Lugar de Impresión. Número de página(s) consultada(s).

I. OBJETIVOS.

1. Analizar las condiciones para que un cuerpo permanezca en equilibrio.
2. Mostrar el efecto de las fuerzas y torcas aplicadas a un cuerpo rígido.

II. EXPERIMENTO.

A. MODELO FISICO

Un cuerpo estará en equilibrio cuando se encuentra en reposo o en movimiento rectilíneo uniforme.

Se dice que un cuerpo está sometido a un *sistema de fuerzas* o *de cuplas*, cuando está sometido a varias fuerzas, o a varias cuplas. Siempre es posible hallar una fuerza o una cupla, que aplicada al cuerpo produzca exactamente el mismo efecto que todo el sistema. Esta fuerza o cupla, única, se llama *resultante del sistema.*

Si la resultante del sistema es nula, a pesar de estar aplicadas allí todo un conjunto de fuerzas o de cuplas, entonces el cuerpo permanecerá en equilibrio.

Matemáticamente podemos representar estas dos condiciones de equilibrio del modo siguiente:

Primera condición: La suma vectorial de todas las fuerzas externas que actúan sobre el cuerpo debe ser igual a cero.

$$\sum_{i=1}^{N} \vec{F} = 0 \qquad (1)$$

Esta condición nos garantiza que el cuerpo está en reposo o se traslada con velocidad constante.

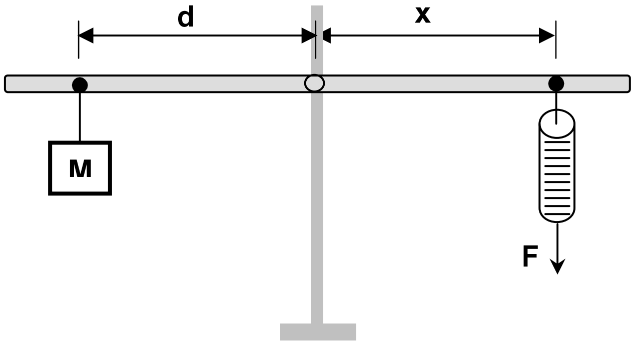
Segunda Condición: La suma vectorial de los cuplas o torques respecto a un mismo punto debe ser igual a cero.

$$\sum_{i=1}^{N} \vec{\tau} = 0 \qquad (2)$$

El cumplimiento de esta condición nos garantiza que el cuerpo no va rotar.

En consecuencia, si estas dos condiciones se cumplen simultáneamente, el sólido estará en equilibrio.

B. DISEÑO



C. MATERIALES

1 Regla de 1 m graduada en cm.
1 Balanza
1 Porta pesas
1 Sujetador
1 Dinamómetro
1 Juego de pesas
1 Soporte Universal
1 m Hilo

D. VARIABLES INDEPENDIENTES

Indicar las variables independientes.

E. VARIABLES DEPENDIENTES.

Indicar las variables dependientes

F. RANGO DE TRABAJO.

Indicar los rangos de trabajo en el experimento, para cada una de las variables.

G. PROCEDIMIENTO.

a) Variación de la fuerza aplicada con la posición.

1. Suspenda la regla de madera desde su centro de gravedad.
2. Fijar la posición y la carga del portapesa a un lado del punto de sujeción de la regla.
3. En el otro lado de la regla, coloque el dinamómetro y jale lentamente la hasta que la barra quede en posición horizontal. Anote en la Tabla 1, el valor de la fuerza y la posición para el dinamómetro.
4. Repita los pasos anteriores para otras 10 posiciones de dinamómetro.

TABLA 1

Medición	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**
F (N)										
x (10^{-2} m)										
CARGA:	m =	Kg		d =	(10^{-2} m)		g = 9.8 m/s^2			

b) Variación de la fuerza aplicada con la masa.

1. Suspenda la regla de madera desde su centro de gravedad.
2. Fijar la posición de la carga y del dinamómetro a igual distancia del punto de sujeción.
3. Para una carga (masa del portapesas), lea la fuerza en el dinamómetro que hace que la regla quede en equilibrio en posición horizontal. Anote los valores en la Tabla 2.
4. Repetir los pasos anteriores para otras 10 cargas en el porta pesas.

TABLA 2

Medición	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
F (N)										
M (10^{-2} Kg)										

	CARGA: d_1 = x 10^{-2} m	DINAMÓMETRO: d_2 = x 10^{-2} m	g = 9.8 m/s^2

H. ANALISIS DE RESULTADOS

a) Variación de la fuerza aplicada con la posición.

1. Con los datos de la Tabla 1 completar la siguiente tabla:

TABLA 3

Medición	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
F (N)										
1/x (10^2 m)										
CARGA: $\tau_{TEORICO}$ = N.m										

2. Graficar en papel milimetrado F vs. 1/x. ¿Qué obtiene? (Lámina 1)
3. Usando el método de regresión. Ajuste la curva y presente la ecuación. Puede usar calculadora científica.
4. ¿Qué representan las constantes de la ecuación?
5. Calcule experimentalmente el torque que produce la carga. Compare con el torque teórico e indique el error porcentual.
6. Usando el EXCEL grafique y presente la curva de ajuste, la ecuación y el coeficiente de correlación que relacionan estas variables. (Lámina 2)
7. Con los resultados del paso anterior, calcule experimentalmente el torque que produce la carga. Compare con el torque teórico e indique el error porcentual.

b) Variación de la fuerza aplicada con la masa.

1. Graficar en papel milimetrado F vs. m. ¿Qué obtiene? (Lámina 3)
2. Hallar la ecuación de la gráfica usando el método de regresión.
3. ¿Qué representan las constantes de la ecuación?
4. Calcule experimentalmente la aceleración de la gravedad. Compare con el valor teórico e indique el error relativo.
5. Usando el EXCEL grafique y presente la ecuación y el coeficiente de correlación que relacionan estas variables.
6. Al igual que el punto 4) Calcule experimentalmente el torque que produce la carga. Compare con el torque teórico e indique el error relativo.

I. CUESTIONARIO

1. Indique los errores sistemáticos que se han presentado durante el experimento.
2. Para un cuerpo sometido a fuerza solamente, se garantiza que no hay posibilidad de ocurrir movimiento de traslación. Entonces estará en reposo? ¿Porqué?
3. Con respecto a palancas. ¿Cuál de las magnitudes fuerza o torca es la más importante? ¿Por qué?
4. Hacer una breve descripción acerca de los tipos de palancas.

III. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

IV. BIBLIOGRAFÍA.

Autor. Título. Editorial. Fecha de impresión. Lugar de Impresión. Número de página(s) consultada(s).

Bibliografía

1. Serway, Beichner, Física, Tomo I, %ta edición, McGraw-Hill, Mexico, 2002
2. Sears, Zemansky, Young, Física Universitaria, Vol. I, /ma Edición, México Addisson Longman, 1998
3. Tipler Paul A., Física, ·ra edición, Reverté S.A., 1995
4. M. Alonso, E. Finn, Física, Addisson Wesley Iberoamericana, EE.UU., 1995
5. Resnick , Halliday, Krane, Física Para estudiantes de Ciencias E Ingeniería, Vol, Compañía Editorial Continental S.A., México 1993
6. Lea, Burke, Física: La Naturaleza de las Cosas, Vol. I, Internacional Thomson Editores, 1999
7. Fishbane, Gasiorowicz, Trotón, Física para Estudiantes de Ciencias E Ingeniería, Prentice-Hall S.A., México 1994
8. Hewit Paul G., Manual de Laboratório de Física, Addisson Wesley Longman, México 1998
9. D. C. Baird, Experimentación: Una Introducción al Análisis y Diseño de Experimentos, Prentice-Hall Hispanoamericana, México 1997
10. Alvarenga Maximo, Física General, Harla
11. Daish, Fender, Cursos Experimental
12. Guevara C. Sotelo, H, Manual de Laboratorio de Física para Maestros
13. Guía de laboratorio de Física, UNAC
14. Meiners, Eppenstein, Moore, Experimentos de Física, Limusa
15. Solder, Negro, Física Práctica Básica
16. Whestphal, Prácticas de Física
17. Quiñones, Guía de Laboratorio de Física I, Universidad Nacional del Callao

LABORATORIO FISICA – I

CALLAO - PERÚ

2012