

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA
FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y DISEÑO



MANUAL DE LABORATORIO DE DINÁMICA

Dr. FORTUNATO ESPINOZA BARRERAS

Sexta Edición
2017-2
Ensenada, BC.

Alumno: _____

Curso: _____

CURRICULUM VITAE

El **Dr. FORTUNATO ESPINOZA BARRERAS** nació el 30 de septiembre de 1958 en Huatabampo, Sonora. Es Licenciado en Física con dos maestrías, en Ciencias de la Tierra y en Ingeniería Sísmica y Dinámica Estructural y concluyó los cursos de una tercer maestría, ésta en Psicoterapia Gestalt. También tiene un doctorado en Ingeniería Sísmica y Dinámica Estructural obtenido en Barcelona, España en noviembre de 1999.

Es maestro fundador de la Escuela de Ingeniería Ensenada, hoy Facultad de Ingeniería Arquitectura y Diseño. Ha laborado en la UABC desde Agosto de 1983 y tiene más de 35 años de experiencia docente. Ha impartido más de 20 cursos diferentes en varias escuelas y universidades del país y del extranjero. Ha tomado más de 60 cursos de actualización profesional, docente y desarrollo humano.

Ha trabajado dos años (1985-1987) como coordinador de varios programas y 6 años (1988-1993) como subdirector académico de la Facultad de Ingeniería Ensenada. Ha participado por más de 12 años como consejero universitario y también fue asesor de la Comisión de Educación del Congreso del Estado de BC en 1994.

Tiene más de 20 años de experiencia en la investigación en el campo de la ingeniería sísmica habiendo participado en proyectos internacionales y nacionales. Tiene más de 30 trabajos presentados en congresos internacionales en países como Luxemburgo, Francia, España, Holanda, Israel, China, Brasil, Nueva Zelanda, Canadá, Portugal y México, y cuenta con más de 20 trabajos en eventos nacionales. Ha sido invitado a impartir varias conferencias en el país y en el extranjero.

Coautor de 5 libros acerca de Ingeniería Sísmica, 1) un libro publicado en Madrid en 2000, 2) autor en 2002 de otro libro, éste digital en internet publicado en Barcelona y en esta misma ciudad 3) dos libros, uno el 2012 y 4) otro en el 2016. 5) Es uno de los 6 revisores del Reglamento de Diseño Sísmico de la CFE, versión 2008 y 6) de los 20 de la versión 2015, ambos en México. Además es coautor de cuatro artículos en revistas arbitradas, uno el 2004, dos en el 2009 y otro en el 2014.

ÍNDICE

Práctica		Página
1	Mediciones	3
	Estructura de un reporte	16
2	Plano inclinado	17
	Sesión 1	20
	Sesión 2	22
3	Lanzamiento de proyectiles (juego de basquetbol)	27
4	Movimiento circular (o atínale al blanco)	32
5	Coeficiente de rozamiento	35
6	Ley de Hooke	42
7	Rozamiento al rodamiento	48
8	Trabajo y potencia	54
9	Péndulo simple	61

NOTA al ESTUDIANTE: Antes de acudir al laboratorio lee completa la práctica correspondiente en el manual y después contesta las preguntas que se encuentran antes del objetivo.

NOTA AL MAESTRO: Dedicar tiempo (aproximadamente 15 minutos) al inicio de cada sesión a revisar el trabajo de la sesión anterior con el fin de determinar si el alumno obtuvo el aprendizaje.

SUGERENCIA AL PROFESOR PARA REALIZAR EVALUACIÓN:

70% Revisión del Manual

10% Participación realizando las prácticas

20% Proyecto consistente en la realización, en grupo de a lo más tres personas, de una práctica diferente a las del Manual.

PRÁCTICA 1

MEDICIONES

Nombre del estudiante: _____

Nombre de los integrantes del equipo: _____

Nombre del profesor: _____

Lee toda la práctica 1 y consulta las direcciones WEB señaladas, la Ley Federal de Metrología y Normalización, y contesta las siguientes preguntas:

1.- ¿Qué es un Laboratorio Nacional o Primario en Metrología y qué papel desempeña el CENAM? _____

2.- ¿Cuál es el sistema de unidades oficial en México y cuáles son sus definiciones de las unidades básicas? _____

3.- Escribe al menos 3 unidades que de acuerdo a la norma mexicana ya no deben usarse:

1 _____ 2 _____ 3 _____ 4 _____

4.- Escribe dos de las reglas oficiales en México:

a) _____

b) _____

OBJETIVO

Realizar medidas de longitud, masa y tiempo con las siguientes condiciones:

1. Medir la masa de dos objetos proporcionados por el profesor.
2. Medir las dos dimensiones horizontales de la mesa de trabajo y el ancho del laboratorio utilizando en todos los casos una regla pequeña (de a lo más 30 cm de longitud) y una cinta métrica (de más de 10 m).
3. Medir el tiempo de caída de un objeto cualquiera desde dos alturas: 1 y 2 metros.

TEORÍA

El punto de vista de Lord Kelvin (1824-1907), famoso sabio británico, sobre el concepto de medir está claramente expresado con sus palabras *“Con frecuencia digo que al medir usted aquello de lo que está hablando y expresarlo en números, usted sabe algo acerca de él; pero cuando no puede expresarlo en números, su conocimiento es pobre y de una calidad poco satisfactoria”*.

Para los fines de la ingeniería, las cantidades físicas como la fuerza, tiempo, velocidad, etcétera, deben definirse con claridad y precisión. Una forma de hacerlo es cuando se dan los procedimientos para medir esa cantidad.

Definición de medir: **Medir es cuantificar una cantidad física al compararla con otra que sirve como unidad patrón**

Las cantidades físicas se clasifican en fundamentales y derivadas siendo esta clasificación arbitraria ya que en una serie de operaciones, una cantidad puede ser considerada fundamental y como derivada en otra.

La mayoría de los sistemas de medición consideran como cantidades fundamentales la longitud, la masa y el tiempo por lo que esta práctica se centrará en esas cantidades.

El primer patrón de longitud internacional fue una barra de aleación de platino-iridio que se llamó el *metro patrón* y se conserva actualmente en la Oficina Internacional de Pesas y Medidas cerca de París, Francia. En 1961 se adoptó por convenio internacional un patrón atómico de longitud, así, el metro patrón es el equivalente a 1 650 763. 73 longitudes de onda en el vacío de la radiación anaranjada ($2p_{10}-5d_5$) del isótopo Kr^{86} del kriptón en una descarga eléctrica.

cantidad física	MKS o SI o Sistema Métrico Decimal	CGS	Inglés
longitud	metro (m)	centímetro (cm)	pie (ft)
masa	kilogramo (kg)	gramo (g)	slug
tiempo	segundo (s)	segundo	segundo (sec)

Sistemas de medición MKS, CGS e inglés.

Existe un organismo regulador de las mediciones en nuestro país que se denomina CENAM, Centro Nacional de Mediciones. La dirección de la página WEB es www.cenam.mx y en la siguiente dirección se encuentra información adicional sobre el tema y sobre términos y vocabulario metrológico: www.bipm.org.

Sistema Internacional de Unidades

Con objeto de garantizar la uniformidad y equivalencia en las mediciones, así como facilitar todas las actividades tecnológicas industriales y comerciales, diversas naciones del mundo suscribieron el Tratado del Metro en el que se adoptó el Sistema Métrico Decimal. Este Tratado fue firmado por 17 países en París, Francia, en 1875. México se adhirió al Tratado el 30 de diciembre de 1890. 51 naciones participan como miembros actualmente en el Tratado. El Tratado del Metro otorga autoridad a la Conférence Générale des Poids et Mesures (CGPM - Conferencia General de Pesas y Medidas), al Comité International des Poids et Mesures (CIPM - Comité Internacional de Pesas y Medidas) y al Bureau International des Poids et Mesures (BIPM - Oficina Internacional de Pesas y Medidas), para actuar a nivel internacional en materia de metrología.

En el año de 1948, la novena Conferencia General de Pesas y Medidas (CGPM) encomienda al Comité Internacional de Pesas y Medidas (CIPM), mediante su resolución 6, el estudio completo de una reglamentación de las unidades de medida del sistema MKS y de una unidad eléctrica del sistema práctico absoluto, a fin de establecer un sistema de unidades de medida susceptible de ser adoptado por todos los países signatarios de la Convención del Metro. Esta misma Conferencia en su resolución 7, fija los principios generales para los símbolos de las unidades y proporciona una lista de nombres especiales para ellas.

En 1954, la décima Conferencia General de Pesas y Medidas, en su resolución 6 adopta las unidades de base de este sistema práctico de unidades en la forma siguiente: de longitud, metro; de masa, kilogramo; de tiempo, segundo; de intensidad de corriente eléctrica, ampere; de temperatura termodinámica, kelvin; de intensidad luminosa, candela.

En 1956, reunido el Comité Internacional de Pesas y Medidas, emite su recomendación número 3 por la que establece el nombre de Sistema Internacional de Unidades (SI), para las unidades de base adoptadas por la décima CGPM.

Posteriormente, en 1960 la décima primera CGPM en su resolución 12 fija los símbolos de las unidades de base, adopta definitivamente el nombre de Sistema Internacional de Unidades; designa los múltiplos y submúltiplos y define las unidades suplementarias y derivadas.

La decimacuarta CGPM efectuada en 1971, mediante su resolución 3 decide incorporar a las unidades de base del SI, la mol como unidad de cantidad de sustancia. Con esta son 7 las unidades de base que integran el Sistema Internacional de Unidades.

En 1980, en ocasión de la reunión del CIPM se hace la observación de que el estado ambiguo de las unidades suplementarias compromete la coherencia interna del SI y decide recomendar (resolución número 1) que se interprete a las unidades suplementarias como unidades derivadas adimensionales.

Finalmente, la vigésima Conferencia General de Pesas y Medidas celebrada en 1995 decide aprobar lo expresado por el CIPM, en el sentido de que las unidades suplementarias del SI, nombradas radián y esterradián, se consideren como unidades derivadas adimensionales y recomienda consecuentemente, eliminar esta clase de unidades suplementarias como una de las que integran el Sistema Internacional. Como resultado de esta resolución que fue aprobada, el SI queda conformado únicamente con dos clases de unidades: las de base y las derivadas.

La CGPM está constituida por los delegados que representan a los gobiernos de los países miembros, quienes se reúnen cada cuatro años en París, Francia. Cada Conferencia General recibe el informe del CIPM sobre el trabajo realizado. En su seno se discuten y examinan los acuerdos que aseguran el mejoramiento y diseminación del Sistema Internacional de Unidades; se validan los avances y los resultados de las nuevas determinaciones metrológicas fundamentales y las diversas resoluciones científicas de carácter internacional y se adoptan las decisiones relativas a la organización y desarrollo del BIPM. La última reunión de la CGPM, la vigésima segunda realizada desde su creación, se llevó a cabo del 13 al 17 de octubre de 2003 en París, con la participación del CENAM en representación de México.

El Sistema Internacional de Unidades se fundamenta en siete unidades de base correspondientes a las magnitudes de longitud, masa, tiempo, corriente eléctrica, temperatura, cantidad de materia, e intensidad luminosa. Estas unidades son conocidas como el **metro**, el **kilogramo**, el **segundo**, el **ampere**, el **kelvin**, el **mol** y la **candela**, respectivamente. A partir de estas siete unidades de base se establecen las demás unidades de uso práctico, conocidas como unidades derivadas, asociadas a magnitudes tales como velocidad, aceleración, fuerza, presión, energía, tensión, resistencia eléctrica, etc.

Las definiciones de las unidades de base adoptadas por la Conferencia General de Pesas y Medidas, son las siguientes:

El **metro (m)** se define como la longitud de la trayectoria recorrida por la luz en el vacío en un lapso de $1 / 299\,792\,458$ de segundo (17ª Conferencia General de Pesas y Medidas de 1983).

El **kilogramo (kg)** se define como la masa igual a la del prototipo internacional del kilogramo (1ª y 3ª Conferencia General de Pesas y Medidas, 1889 y 1901).

El **segundo (s)** se define como la duración de $9\,192\,631\,770$ períodos de la radiación correspondiente a la transición entre los dos niveles hiperfinos del estado base del átomo de cesio 133 (13ª Conferencia General de Pesas y Medidas, 1967).

El **ampere (A)** se define como la intensidad de una corriente constante, que mantenida en dos conductores paralelos, rectilíneos, de longitud infinita, de sección circular despreciable, colocados a un metro de distancia entre sí en el vacío, produciría entre estos conductores una fuerza igual a 2×10^{-7} newton por metro de longitud (9ª Conferencia General de Pesas y Medidas, 1948).

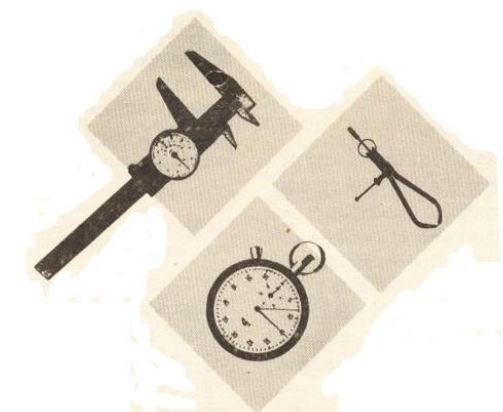
El **kelvin (K)** se define como la fracción $1/273,16$ de la temperatura termodinámica del punto triple del agua (13ª Conferencia General de Pesas y Medidas, 1967).

El **mol (mol)** se define como la cantidad de materia que contiene tantas unidades elementales como átomos existen en $0,012$ kilogramos de carbono 12 (^{12}C) (14ª Conferencia General de Pesas y Medidas, 1971).

La **candela (cd)** se define como la intensidad luminosa, en una dirección dada de una fuente que emite una radiación monocromática de frecuencia 540×10^{12} Hz y cuya intensidad energética en esa dirección es de $1/683$ watt por esterradián (16ª Conferencia General de Pesas y Medidas, 1979).

La Ley Federal sobre Metrología y Normalización establece que el Sistema Internacional es el sistema de unidades oficial en México (**NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-008-SCFI-2002**).

En las siguientes páginas se inserta un artículo titulado ***Unidades de medición oficiales de la República Mexicana*** escrito por el Ing. César Obregón y el Dr. Fortunato Espinoza, publicado en 1994 en la revista Divulgare de la UABC.



UNIDADES DE MEDICIÓN oficiales de LA REPÚBLICA MEXICANA

César Obregón Martínez Sanz*

Fortunato Espinoza Barreras*

Relaciones bilaterales

Trabajaban en la industria del cemento local los también profesores de la UABC, ingenieros Héctor Díaz y César Obregón, cuando fueron invitados a una visita técnica y de buenas relaciones a la planta de cemento de Rillito, Arizona, en los Estados Unidos. Después de la tradicional y siempre fría bienvenida (el cemento mexicano presenta una seria competencia al vecino país), se inicia el recorrido con la visita a los puntos clave de la industria.

Hablan los anfitriones: —Tenemos tres hornos de 3, 15 y 19 pies de diámetro, con producción conjunta de 20 000 barriles diarios.

¿Cuál es la de ustedes?

Armados de valor se les contesta:

—También se tienen tres hornos, de 2.50, 3.25 y 4.40 metros de diámetro, con producción total de 2 225 toneladas al día.

Se inicia la confusión... —¿Sus toneladas son cortas o largas?

—Son métricas.

—¡Ah! — y se continúa el camino.

Del lado mexicano se atreven a preguntar: —¿Qué combustible usan?

—Bunker C con 200 BTU (*British thermal unit*).

—¿Y ustedes?

—Combustible con 50...

—¿BTU?

¡No! kilocalorías...

—¡Ah!...

—¿Y la temperatura de calcinación?

Contestan: —2 500 grados.

—¿Centígrados?

Los anfitriones fruncen el ceño extrañados:

—¡No! Fahrenheit.

—¿Y ustedes?

*Profesores de tiempo completo de la Escuela de Ingeniería, UABC, Ensenada.

—1 400 grados...

—¿Qué?

—...Centígrados...

—¡Ah!

Y la visita continúa.

Los tanques de combustible de los anfitriones son de 60 000 barriles (esta vez líquidos); la planta está en una superficie de 25 acres; el aire comprimido de servicio es de 5 000 pies cúbicos por minuto, envasan el cemento en sacos de 90 libras; el principal molino produce 50 longton por hora y su cemento tiene resistencia a los 3 días de 1 400 libras por pulgada cuadrada. Se les contesta cortésmente en litros, hectáreas, metros cúbicos por minuto, kilogramos, toneladas (métricas, por supuesto) y kilogramos por centímetro cuadrado.

Exhaustos todos, viene la despedida después de comer a las 17:00 horas... que para los anfitriones son las 5:00 pm. El ingeniero Obregón pregunta al ingeniero Díaz:

—¿De qué tamaño es esta fábrica?

En español contesta:

—¡No tengo la menor idea!

Al alejarse se alcanza a oír a los anfitriones: —Which is the size of these crazy mexicans plant? (¿Cuál es el tamaño de la planta de estos mexicanos locos?).

La anécdota anterior ilustra claramente la confusión que se genera al existir gran cantidad de unidades de medición diferentes.

Unidades fuera de circulación

El diario *quehacer* reúne a los académicos para conversar sobre diferentes temas. El denominador común es, desde luego, la docencia, y en grupos heterogéneos intercambiamos experiencias.

En una ocasión comentábamos los dos autores de este artículo sobre las unidades de medida y su forma casi anárquica de emplearlas. Naturalmente, cada persona tiene sus preferidas. Algunas se han desarrollado profesionalmente en un medio muy influido por el sistema de medición inglés. Otros son recalcitrantes defensores del métrico decimal. Unos y otros tienen sus razones, pero ¿cuál es la verdad? Todos debemos aceptar lo oficial, lo que nos lleva a obedecer las normas oficiales mexicanas.

Al claustro de maestros de ingeniería llegó (de manos de una maestra de Ciencias Marinas) el *Diario oficial de la federación* de fecha jueves 14 de octubre de 1993 con la solución al problema: la Norma Oficial Mexicana (NOM). Al comentarse en el claustro de maestros el *Diario oficial*, causó asombro que la caloría es una unidad de energía que no debe utilizarse; lo mismo el kilogramo, que es una unidad de fuerza oficialmente sustituida por el *newton*. ¿Le es posible imaginarse comprando 9.8 *newtons* de tortillas en lugar del tradicional "kilo"?

La pregunta anterior la formuló el profesor Espinoza en una de sus clases, que versaba sobre unidades de medición, y esto le contestó un alumno: "Maestro, yo creo que sí podemos utilizar el kilogramo como unidad de medición al comprar tortillas, ya que el kilogramo es una unidad de masa y las tortillas están hechas de masa."

Unidades oficiales en México

Independientemente de las bromas y chascarrillos que se pueden hacer sobre el tema, consideramos, que en la universidad, los maestros debemos estar enterados de lo que es oficial en México para que podamos transmitir a nuestros estudiantes conocimientos actualizados.

El gobierno mexicano, a través de la Secretaría de Comercio y Fomento Industrial, puso en vigor, desde el 15 de octubre de 1993, la Norma Oficial Mexicana cuyo propósito, de acuerdo con el *Diario oficial*, es establecer un lenguaje común que responda a las exigencias actuales de las actividades científicas, tecnológicas, educativas, industriales y comerciales, al alcance de todos los sectores del país.

La norma establece las definiciones, símbolos y reglas de escritura de las unidades del Sistema Internacional y de otras unidades, fuera de este sistema, que acepta la Conferencia General de Pesas y Medidas, las cuales, en conjunto, constituyen el Sistema General de Unidades y Medidas.

En el *Diario oficial* se presentan tablas con las principales magnitudes y unidades de espacio, tiempo, fenómenos periódicos, mecánica, electricidad, magnetismo, óptica, radiación electromagnética, termodinámica, acústica, física molecular, física atómica y física nuclear.

Las unidades de medición en el *Diario oficial*

Las magnitudes o cantidades físicas se clasifican en básicas y derivadas, clasificación que resulta arbitraria, en nuestra opinión, ya que una cantidad determinada puede considerarse como fundamental en una serie de operaciones, y como derivada, en otra.

El cuadro 1 muestra los nombres, símbolos y definiciones de las unidades que se consideran básicas, y el cuadro 2, los nombres, símbolos y expresiones de las unidades derivadas.

Además, existen algunas unidades que no pertenecen al Sistema Internacional (SI) y se han clasificado en tres categorías:

1. Unidades que se conservan para usarse con el SI (cuadro 3).
2. Unidades que pueden usarse temporalmente con el SI (cuadro 4).
3. Unidades que no deben utilizarse (cuadro 5).

CUADRO 1. NOMBRES, SÍMBOLOS Y DEFINICIONES DE LAS UNIDADES BÁSICAS DEL SI

MAGNITUD	UNIDAD	SÍMBOLO	DEFINICIÓN
longitud	metro	m	Es la longitud de la trayectoria recorrida por la luz en el vacío durante un intervalo de tiempo de $1/299\,792\,458$ de segundo.
masa	kilogramo	kg	Es la masa igual a la del prototipo internacional del kilogramo.
tiempo	segundo	s	Es la duración de $9\,192\,631\,770$ periodos de la radiación correspondiente a la transición entre los dos niveles hiperfinos del estado fundamental del átomo de cesio 133.
corriente eléctrica	amperio	A	Es la intensidad de una corriente constante que, mantenida en dos conductores paralelos, rectilíneos, de longitud infinita, cuya área de sección circular es despreciable, colocados a un metro de distancia entre sí, en el vacío, producirá entre estos conductores una fuerza igual a 2×10^{-7} newton por metro de longitud.
temperatura termodinámica	kelvin	K	Es la fracción de $1/273.16$ de la temperatura termodinámica del punto triple del agua.
cantidad de sustancia	mol	mol	Es la cantidad de sustancia que contiene tantas entidades elementales como existen átomos en 0.012 kg de carbono 12.
intensidad luminosa	candela	cd	Es la intensidad luminosa, en una dirección dada, de una fuente que emite una radiación monocromática de frecuencia 540×10^{12} hertz y cuya intensidad energética en esa dirección es $1/683$ watt por esterradián.

¿Cuáles son las reglas gramaticales oficiales?

A continuación se presentan las reglas para la escritura de los símbolos, de los números y del signo decimal.

1. Los símbolos de las unidades deben ser expresados en caracteres romanos, en general minúsculas, con excepción de los símbolos que se derivan de nombres propios, en los cuales se utilizan caracteres romanos en mayúsculas. Ejemplo: m, cd, K, A.
2. No se debe colocar punto después del símbolo de la unidad.
3. Los símbolos de las unidades no deben pluralizarse. Ejemplos: 8 kg, 50 kg, 9 m, 5 m.

CUADRO 2. NOMBRES, SÍMBOLOS Y EXPRESIONES DE LAS UNIDADES DERIVADAS DEL SI.

MAGNITUD	NOMBRE DE LA UNIDAD SI DERIVADA	SÍMBOLO	EXPRESIÓN EN UNIDADES SI DE BASE	EXPRESIÓN EN OTRAS UNIDADES SI
frecuencia	hertz	Hz	s^{-1}	
fuerza	newton	N	$m \cdot kg \cdot s^{-2}$	
presión, tensión mecánica.	pascal	Pa	$m^{-1} \cdot kg \cdot s^{-2}$	N/m^2
trabajo, energía, cantidad de calor	joule	J	$m^2 \cdot kg \cdot s^{-2}$	$N \cdot m$
potencia, flujo energético	watt	W	$m^2 \cdot kg \cdot s^{-3}$	J/s
carga eléctrica, cantidad de electricidad	coulomb	C	$s \cdot A$	
diferencia de potencial, tensión eléctrica, potencial eléctrico, fuerza electromotriz	volt	V	$m^2 \cdot kg \cdot s^{-3} \cdot A^{-1}$	W/A
capacidad eléctrica	farad	F	$m^{-2} \cdot kg^{-1} \cdot s^4 \cdot A^2$	C/V
resistencia eléctrica	ohm	Ω	$m^2 \cdot kg \cdot s^{-3} \cdot A^{-2}$	V/A
conductancia eléctrica	siemens	S	$m^{-2} \cdot kg^{-1} \cdot s^3 \cdot A^2$	A/V
flujo magnético o flujo de inducción magnética.	weber	Wb	$m^2 \cdot kg \cdot s^{-2} \cdot A^{-1}$	$V \cdot s$
inducción magnética o densidad de flujo magnético.	tesla	T	$kg \cdot s^{-2} \cdot A^{-1}$	Wb/m^2
inductancia	henry	H	$m^2 \cdot kg \cdot s^{-2} \cdot A^{-2}$	Wb/A
flujo luminoso	lumen	lm	$cd \cdot sr$	
luminosidad o iluminancia	lux	lx	$m^{-2} \cdot cd \cdot sr$	lm/m^2
actividad nuclear	becquerel	Bq	s^{-1}	
dosis absorbida	gray	Gy	$m^2 \cdot s^{-2}$	J/kg
temperatura celsius	grado Celsius	$^{\circ}C$		K
equivalente de dosis	sievert	Sv	$m^2 \cdot s^{-2}$	J/kg

4. El signo de multiplicación para indicar el producto de dos o más unidades debe ser de preferencia un punto. Este punto puede suprimirse cuando la falta de separación de los símbolos de las unidades que intervengan en el producto, no se preste a confusión. Ejemplos: N.m o Nm, también m.N pero no mN que se confunde con milinewton, submúltiplo de la unidad de fuerza. Newton metro es la unidad de momento de una fuerza o de un par.

5. Cuando una unidad derivada se forma por el cociente de dos unidades, se puede utilizar una línea inclinada, una línea horizontal, o bien potencias negativas. Ejemplos: m/s o ms^{-1} para designar la unidad de velocidad metro por segundo.

6. No debe utilizarse más de una línea inclinada a menos que se agreguen paréntesis. En los casos complicados, deben utilizarse potencias negativas o paréntesis. Ejemplo: m/s^2 o m.s^{-2} , pero no: m/s/s ; $\text{m.kg}/(\text{s}^3.\text{A})$ o $\text{m.kg.s}^{-3}.\text{A}^{-1}$, pero no: $\text{m.kg/s}^3/\text{A}$.

7. Los múltiplos y submúltiplos de las unidades se forman anteponiendo al nombre de éstas, los prefijos correspondientes con excepción de los nombres de los múltiplos y submúltiplos de la unidad de masa en los cuales los prefijos se anteponen a la palabra "gramo". Ejemplos: dag, Mg (decagramo, megagramo); ks, dm (kilosegundo; decímetro).

8. Los símbolos de los prefijos deben ser impresos en caracteres romanos (rectos), sin espacio entre el símbolo del prefijo y el símbolo de la unidad. Ejemplo: mN (milinewton), y no: m N.

9. Si un símbolo que contiene un prefijo está afectado por un exponente, indica que el múltiplo de la unidad está

elevado a la potencia expresada por el exponente. Ejemplos: $1 \text{ cm}^3 = (10^{-2} \text{ m})^3 = 10^{-6} \text{ m}^3$; $1 \text{ cm}^{-1} = (10^{-2} \text{ m})^{-1} = 10^2 \text{ m}^{-1}$.

10. Los prefijos compuestos deben evitarse. Ejemplo: 1 nm (un nanómetro), pero no: 1 mpm (milimicrómetro).

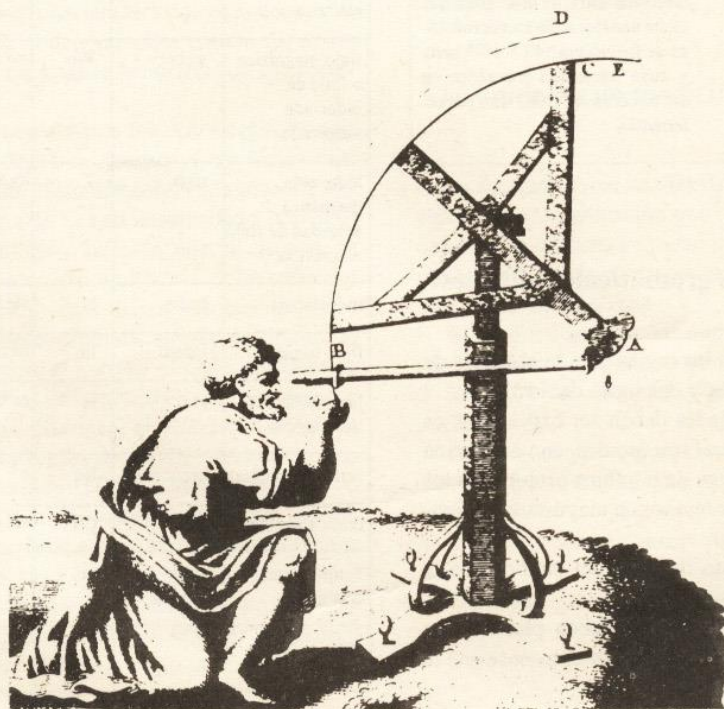
11. Los números deben ser generalmente impresos en tipo romano. Para facilitar la lectura de números con varios dígitos, éstos deben ser separados en grupos apropiados, preferentemente en grupos de tres. Contando del signo decimal a la derecha y a la izquierda, los grupos deben ser separados por un pequeño espacio, nunca con una coma, un punto, o por otro medio.

12. El signo decimal debe ser una coma sobre la línea (,). Si la magnitud de un número es menor que la unidad, el signo decimal debe ser precedido por un cero.

Para terminar, consideramos una responsabilidad como académicos la difusión de las unidades de medición oficiales y una necesidad de los docentes el estar enterados para informar adecuadamente a nuestros estudiantes, ya que la mayoría de los textos que usamos son traducciones del inglés en donde se utiliza un sistema de unidades diferente al oficial en México. δ

Bibliografía

- Diario oficial de la federación*, jueves 14 de octubre de 1993, México.
 ESPINOZA, Fortunato. *Apuntes de dinámica* (en proceso de edición la nueva versión). México, 1994.
 RESNICK, Robert y David Halliday. *Física parte 1*, décima impresión. Compañía Editorial Continental, S.A., México, 1976, 922 pp.



CUADRO 3. UNIDADES QUE NO PERTENECEN AL SI, PERO SE CONSERVAN PARA USARSE CON ÉL.

MAGNITUD	UNIDAD	SÍMBOLO	EQUIVALENCIA
tiempo	minuto	min	1 min=60 s
	hora	h	1 h=60 min=3 600 s
	día	d	1 d=24 h=86 400 s
ángulo	grado	°	1°=(π /180) rad
	minuto	'	1'=(π /10 800) rad
	segundo	"	1"=(π /648 000) rad
volumen	litro	l, L	1L=10 ⁻³ m ³
masa	tonelada	t	1t=10 ³ kg
trabajo, energía	electrovolt	eV	1eV=1.602 19x10 ⁻¹⁹ J
masa	unidad de masa atómica	u	1u=1.660 57x10 ⁻²⁷ kg

CUADRO 4. UNIDADES QUE NO PERTENECEN AL SI, PERO PUEDEN USARSE TEMPORALMENTE CON ÉL SI.

MAGNITUD	UNIDAD	SÍMBOLO	EQUIVALENCIA
superficie	área	a	1 a=10 ² m ²
	hectárea	ha	1 ha=10 ⁴ m ²
	barn	b	1 b=10 ⁻²⁸ m ²
longitud	angström	Å	1 Å=1X10 ⁻¹⁰ m
longitud	milla náutica		1 milla náutica=1 852 m
presión	bar	bar	1 bar=10 ⁵ Pa
velocidad	nudo		1 nudo = (1 852/3 600) m/s
dosis de radiación	röntgen	R	1 R=2.58 x 10 ⁻⁴ C/kg
dosis absorbida	rad*	rad (rd)	1 rad=10 ⁻² Gy
radiactividad	curie	Ci	1 Ci=3.7 x 10 ¹⁰ Bq
aceleración	gal	Gal	1 Gal = 10 ⁻² m/s ²
equivalente de dosis	rem	rem	1 rem = 10 ⁻² Sv

*El rad es una unidad especial empleada para expresar dosis absorbida de radiaciones ionizantes. Cuando haya riesgo de confusión con el símbolo de radián, se puede emplear rd como símbolo del rad.

CUADRO 5. EJEMPLOS DE UNIDADES QUE NO DEBEN UTILIZARSE.

MAGNITUD	UNIDAD	SÍMBOLO	EQUIVALENCIA
longitud	fermi	fm	10 ⁻¹⁵ m
longitud	unidad X	unidad X	1.002 x 10 ⁻⁴ nm
volumen	stere	st	1 m ³
masa	quilate métrico	CM	2 x 10 ⁻⁴ kg
fuerza	kilogramo-fuerza	kgf	9.806 65 N
presión	torr		1 333.322 Pa
energía	caloría	cal	4.186 8 J
fuerza	dina	dyn	10 ⁻⁵ N
energía	erg	erg	10 ⁻⁷ J
luminancia	stilo	sb	10 ⁴ cd/m ²
viscosidad dinámica	poise	P	0.1 Pa.s
viscosidad cinemática	stokes	St	10 ⁻⁴ m ² /s
luminosidad	phot	ph	10 ⁴ lx
inducción	gauss	Gs, G	10 ⁻⁴ T
intensidad de campo magnético	oersted	Oe	(1 000/4 π) A/m
flujo magnético	maxwell	Mx	10 ⁻⁸ Wb
inducción	gamma		10 ⁻⁹ T
masa	gamma		10 ⁻⁹ kg
volumen	lambda		10 ⁻⁹ m ³



Fotografías con ejemplos de escritura inadecuada de símbolos. Es muy común en las carreteras, también en televisión y páginas de internet.

MATERIAL

Regla de a lo más 30 cm
Cinta métrica de más de 10 m
Cronómetro
Báscula
Dinamómetro



Dejé caer sobre el mostrador de la caja registradora del supermercado una bolsa con 5 tomates que necesitaba para una fiesta de último momento. La cajera puso la bolsa sobre la báscula y empezó a teclear números. De pronto, para mi sorpresa, se detuvo, sacó los tomates de la bolsa y se puso a pesarlos uno por uno.

- ¿Por qué no los pesa todos juntos? –le pregunté.
- No diga tonterías –respondió-. ¿Qué no ve que todos son de diferente tamaño?



PROCEDIMIENTO

Describir la manera en que se toman los datos.

RESULTADOS

INSTRUMENTO DE MEDICIÓN	LONGITUD		
	MESA		LABORATORIO
	LARGO	ANCHO	ANCHO
REGLA			
CINTA MÉTRICA			

INSTRUMENTO DE MEDICIÓN	MASA	
	Objeto 1	Objeto 2
báscula		
dinamómetro		

TIEMPO	
Altura de caída	
1 m	2 m

CONCLUSIONES

LONGITUD						MASA				TIEMPO	
Mesa				Laboratorio		Objeto 1		Objeto 2		1m	2m
largo		ancho		ancho		bás- cula	dynamo- metro	bás- cula	dinamó- metro		
regla	cinta	regla	cinta	regla	cinta						

El profesor o los estudiantes escribirán en el pizarrón los resultados de las mediciones de todos los equipos con la finalidad de compararlos y efectuar observaciones acerca de dichos resultados. Escribe esos resultados en la tabla siguiente y haz al menos tres anotaciones de tus observaciones al final.

LONGITUD						MASA				TIEMPO	
Mesa				Laboratorio		Objeto 1		Objeto 2		1m	2m
largo		ancho		ancho		bás cula	dynamo- metro	bás cula	dinamó- metro		
regla	cinta	regla	cinta	regla	cinta						

1. _____.
2. _____.
3. _____.

ESTRUCTURA DE UN REPORTE

Un reporte tiene una estructura lógica y su finalidad es transmitir la información obtenida experimentalmente.

La persona que lo lea debe entender claramente el objetivo particular de ese reporte, saber si se logró o no con un breve vistazo al (los) resultado (s) y además tener toda la información necesaria para confiar en ellos (los resultados) o repetir la práctica siguiendo el procedimiento empleado.

Las partes de un reporte pueden variar siendo las típicas las siguientes:

Nombre de la práctica

Nombre de la persona que elabora el reporte

Nombre del profesor o asesor

Objetivo (s)

Escribir el o los resultados que se buscan

Teoría o antecedentes

Escribir lo que se conoce sobre el tema y que puede ayudar a cumplir el objetivo

Material o equipo

Añadir foto o dibujo del equipo. Señalar el material utilizado

Datos obtenidos

Resultados de las mediciones

Procesamiento de datos

Todo lo que se hace con los datos que se obtienen, por ejemplo la aplicación de fórmulas para obtener nuevos datos o realizar operaciones con o entre ellos

Gráfica

Cuando existan datos se realiza la gráfica correspondiente. Se recomienda tener mínimo 10 puntos graficados.

Resultado

Esta sección del reporte está ligada directamente con el objetivo. Escribir si se logra o no el objetivo. Si se cumple, entonces escribir escuetamente lo que se obtiene.

Conclusiones o discusión de resultados

Comentarios sobre el resultado

PRÁCTICA 2

PLANO INCLINADO

Nombre del estudiante: _____

Nombre de los integrantes del equipo: _____

Nombre del profesor: _____

Esta práctica se realizará en dos sesiones.

- 1. Toma de datos en el laboratorio**
- 2. Procesado de datos en la computadora**

Contesta las siguientes cuestiones:

1. ¿Cuántos datos de posición y tiempo se van a medir? _____
2. ¿Qué ventaja tiene el utilizar un ángulo de inclinación pequeño en esta práctica?

3. ¿Qué tan pequeño puede ser el ángulo? _____
4. ¿Qué significa incertidumbre de una medida? _____

OBJETIVO

Determinar la relación entre la posición y el tiempo para un cuerpo que se mueve unidimensionalmente en un plano inclinado.

TEORÍA

Las cantidades físicas fundamentales para describir al movimiento de un cuerpo son la posición x y el tiempo t .

El caso de un cuerpo moviéndose en un plano inclinado se considera como movimiento de translación unidimensional con aceleración constante y es descrito por la ecuación

$$x = x_0 + v_0 t + \frac{1}{2} a t^2$$

que representa el movimiento de un cuerpo en un tiempo t , desde una posición inicial x_0 , donde tiene una velocidad v_0 a una posición final x , con una aceleración constante igual a a durante ese intervalo de tiempo t .

En el caso particular de que el cuerpo se suelte a partir de una velocidad $v_0 = 0$, con una aceleración $a = g \operatorname{sen} \theta$ (θ es igual al ángulo de inclinación del plano) y el origen se coloque en x_0 , entonces la ecuación anterior se reduce a

$$x = \left(\frac{g \operatorname{sen} \theta}{2} \right) t^2$$

SESIÓN 1

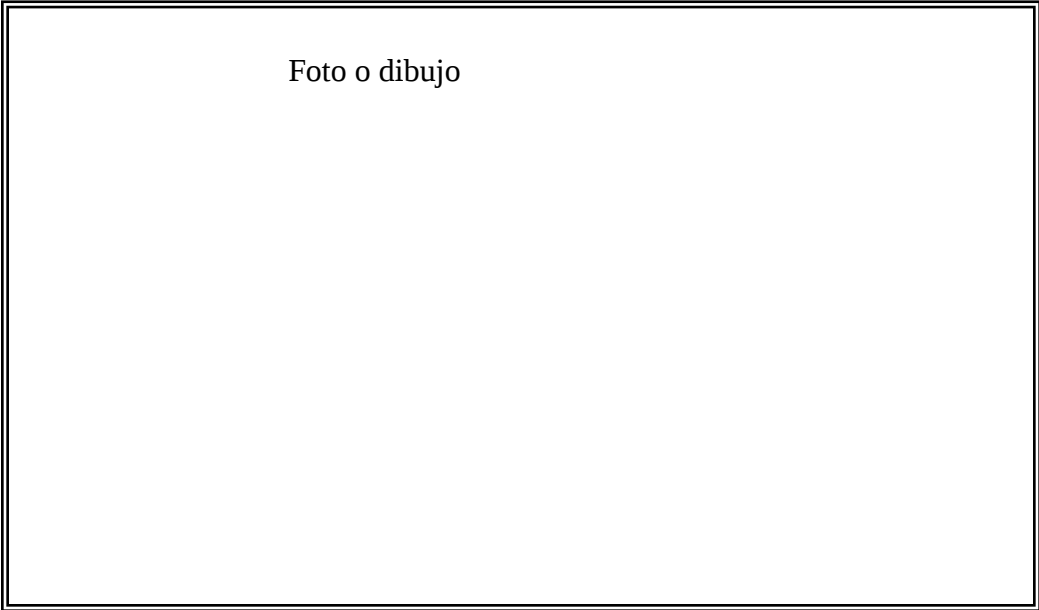
Toma de datos en el laboratorio Lugar: Laboratorio de Dinámica

MATERIAL

Riel
Esfera
Cronómetro
Cinta métrica

Incluir foto,
dibujo o
diagrama
del material
utilizado
mostrando
su posición
durante la
práctica

Foto o dibujo



PROCEDIMIENTO

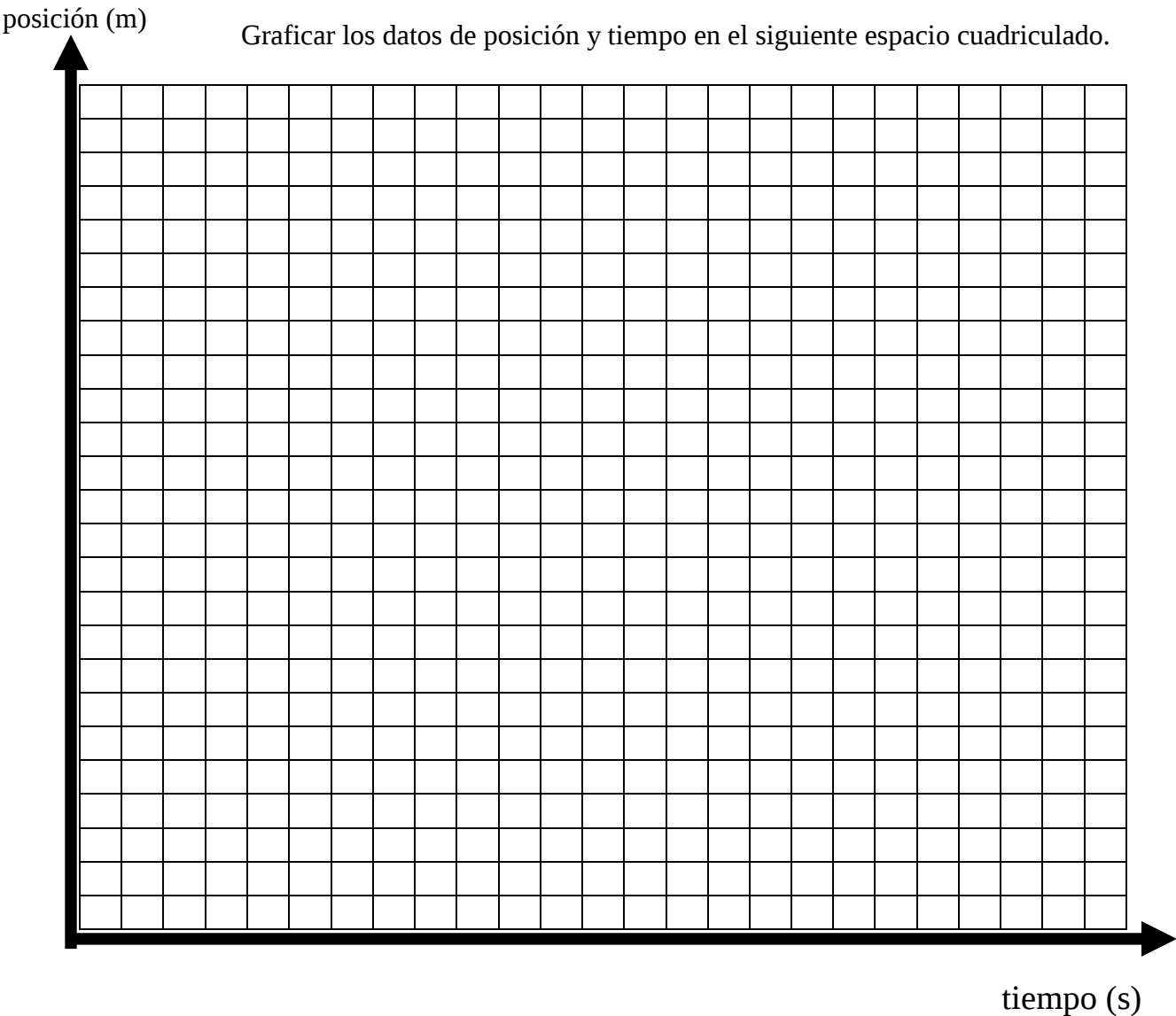
Se coloca el riel con un ángulo de inclinación pequeño y se mide este ángulo. Se deja deslizar la esfera sobre el riel y se mide el tiempo para diferentes posiciones de la esfera sobre el riel, mínimo diez, manteniendo la posición inicial constante e igual a cero.

Ya que, como se vió en la práctica 1, la medida manual del tiempo no es repetitiva, se miden varios tiempos para cada posición y se calcula el promedio y la desviación estándar σ que representa la incertidumbre de la medida del tiempo, Δt .

La incertidumbre Δx , asociada a la posición x , por ser una medición que al repetirse se obtiene el mismo valor, se calcula de la siguiente manera: Δx = la mitad de la mínima escala del instrumento de medición.

DATOS OBTENIDOS

Posición x en m $\Delta x =$	t en s			t promedio en s	$\sigma (= \Delta t)$ en s



SESIÓN 2

Procesado de datos

Lugar: Sala de computadoras

PROCESAMIENTO DE DATOS

Para obtener la relación entre x y t se grafica x en el eje vertical y t promedio en el horizontal (puede ser al revés). Se recomienda utilizar EXCEL y la gráfica se verá como el ejemplo de la Figura 1.

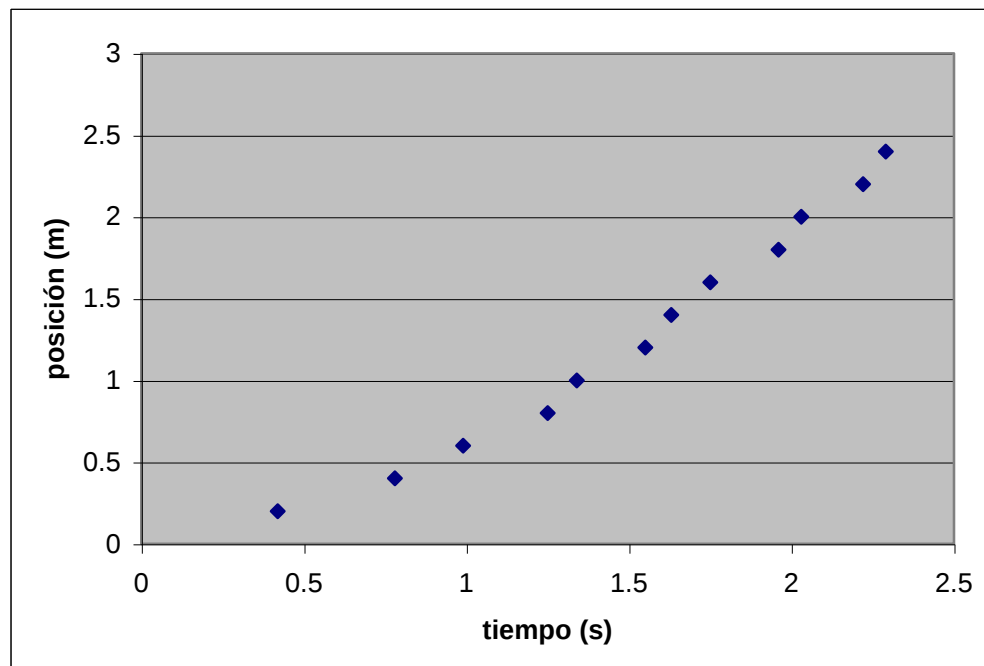


Figura 1 Gráfica de datos ficticios que muestra lo que se hará con los datos obtenidos.

Hacer otras dos gráficas, una ajustando una recta a esos datos y otra haciendo el cambio de variable en el eje horizontal a t^2 mostrando en ambos casos la ecuación ajustada y el coeficiente de correlación. Insertarlas pegándolas en el espacio reservado para ello.

Pasos a seguir para graficar los datos en el software EXCEL:

1. Abrir hoja de trabajo
2. Escribir los datos
3. Seleccionar las dos columnas de datos (EXCEL grafica la columna de la izquierda en el eje horizontal y la columna de la derecha en el eje vertical)
4. Seleccionar INSERT en la barra de herramientas
5. Seleccionar CHART (histograma en colores)
6. Seleccionar XY (Scatter)
7. NEXT

8. NEXT
9. Escribir los nombres de la gráfica (en chart title escribir el nombre que se desee, por ejemplo *movimiento rectilíneo*) y de los ejes horizontal (x) y vertical (y)
10. NEXT
11. FINISH

A continuación pasos a seguir para ajustar una recta con el método de Mínimos Cuadrados o Regresión Lineal a los datos graficados:

12. Seleccionar un punto cualquiera de la gráfica (automáticamente se seleccionarán todos)
13. Seleccionar CHART en la barra de herramientas
14. Seleccionar ADD TRENDLINE
15. Seleccionar LINEAR (seleccionado por omisión)
16. Seleccionar OPTIONS
17. Seleccionar DISPLAY EQUATION ON CHART
18. Seleccionar DISPLAY R-SQUARED ON CHART
19. OK
20. Cambiar los símbolos x, y por los nombres reales de los ejes horizontal y vertical en la ecuación ajustada

Figura 2 Gráfica de datos medidos y la recta ajustada con el método de mínimos cuadrados.

Figura 3 Gráfica de datos medidos con el cambio de variable de t a t^2 y la recta ajustada con el método de mínimos cuadrados.

Se busca ajustar una curva a los datos y se espera que sea la más sencilla posible. En primera instancia una recta, lo cual se realiza con el método de mínimos cuadrados o regresión lineal. Si visualmente se observa que una recta no es el mejor ajuste, se continúa con una función de la forma

$$x=nt^m$$

Ahora se buscan los valores de n y m que hagan el mejor ajuste, para lo cual se utiliza el siguiente método:

Se aplica el logaritmo a ambos lados de la igualdad obteniendo

$$\log x = \log n + m \log t$$

y haciendo el cambio de variable $X = \log x$ y $T = \log t$ se tiene que

$$X = m T + b$$

Continuando con el ejemplo de la Figura 1, con el cambio de variable se transforman como aparecen en la tabla siguiente:

t en s	x en m	log t = T	log x = X
0.42	0.2	-0.376750	-0.69897
0.78	0.4	-0.107910	-0.39794
0.99	0.6	-0.004360	-0.22185
1.25	0.8	0.096910	-0.09691
1.34	1.0	0.127105	0
1.55	1.2	0.190332	0.079181
1.63	1.4	0.212188	0.146128
1.75	1.6	0.243038	0.204120
1.96	1.8	0.292256	0.255273
2.03	2.0	0.307496	0.301030
2.22	2.2	0.346353	0.342423
2.29	2.4	0.359835	0.380211

Se grafica T contra X ajustándose la mejor recta con mínimos cuadrados o regresión lineal. La gráfica y el ajuste se realiza con cualquier paquete estadístico pudiendo utilizarse EXCEL. Ejemplo en la Figura 4.

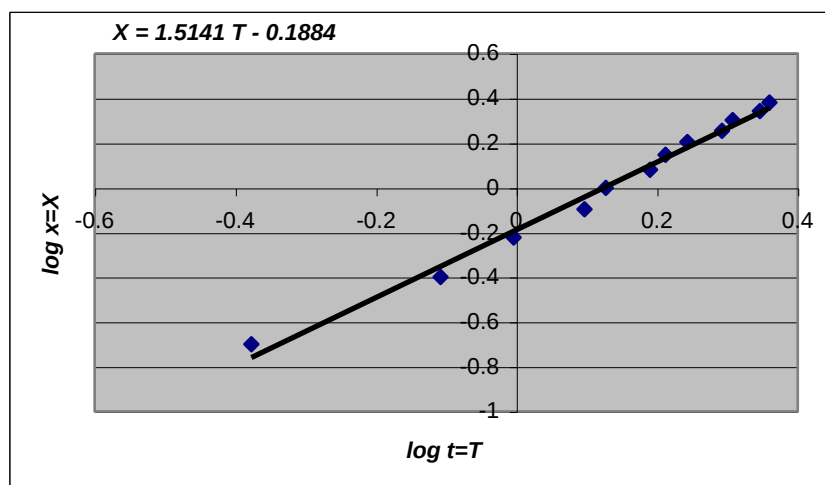


Figura 4 Gráfica de datos ficticios con el cambio de variable a logaritmos y la recta ajustada con el método de mínimos cuadrados.

Así se obtienen para el ejemplo los valores $m = 1.51$
 y $b = \text{logaritmo inverso de } -0.19 = 0.65$

por lo que $x = 0.65 t^{1.51}$

y para esta práctica, con los datos medidos en el plano inclinado se tienen dos gráficas similares a las Figuras 1 y 4.

(Anexar en esta parte la Figura 5 que corresponde a los datos obtenidos en esta práctica)

Figura 5 Gráfica de datos medidos con el cambio de variable a logaritmos y la recta ajustada con el método de mínimos cuadrados.

De la Figura 5 se obtienen los valores

$m =$ _____

y $b =$ _____

por lo que $x =$ _____

RESULTADO

$$x = \underline{\hspace{2cm}}$$

donde x tiene como unidades $\underline{\hspace{2cm}}$

y t está dado en $\underline{\hspace{2cm}}$

DISCUSIÓN DE RESULTADOS
(comparar el resultado con la teoría)

PRÁCTICA 3

(INDIVIDUAL)

El software fue creado por el estudiante de Electrónica (generación 2001-2005) Oliver Gamaliel Campos Trujillo, con la asesoría del Dr. Espinoza, después de cursar Dinámica y fue presentado en dos etapas de desarrollo en las Jornadas de Ingeniería de los años 2002 y 2003

LANZAMIENTO DE PROYECTILES (JUEGO DE BASQUETBOL)

Nombre del estudiante: _____

Nombre del profesor: _____

Esta práctica se realizará en el laboratorio de cómputo

1. ¿Qué material se utilizará en esta práctica? _____

2. ¿En qué se diferencia esta práctica a las dos anteriores? _____

OBJETIVO

1. Jugar basquetbol haciendo lanzamientos hacia una canasta.
2. Utilizar un programa de computadora para determinar si el cálculo de la velocidad de lanzamiento de un proyectil es correcto.

TEORÍA

Un caso de movimiento en dos dimensiones con aceleración constante es el movimiento de los proyectiles. Ejemplos de este movimiento es el de una pelota de basquetbol, una bala o una bola de golf. El efecto que el aire pudiera tener no se toma en cuenta.

El movimiento de un proyectil es de aceleración constante g (gravedad), dirigida hacia abajo por lo que considerando un sistema de referencia con la parte positiva del eje y dirigida hacia arriba, $a_x = 0$ y $a_y = -g$.

Escogiendo el origen del sistema donde el proyectil es disparado, entonces una ecuación que relaciona las posiciones en x y y con el ángulo de disparo y la velocidad inicial v_o es:

$$y = x \tan \theta - \frac{gx^2}{2v_o^2 \cos^2 \theta}$$

MATERIAL

Programa de computadora titulado ***t*parabolico** elaborado por **Oliver Campos Trujillo** estudiante (7º semestre) de ingeniería electrónica de la Facultad de Ingeniería Ensenada de la UABC.

Computadora

PROCEDIMIENTO

Objetivo 1

1. Copiar en la computadora el archivo *t*parabolico (debido a que utiliza subrutinas, copiar todos los archivos proporcionados por el maestro).
2. Abrir Matlab
3. Colocar como current directory (directorio actual) el directorio donde se encuentra el archivo *t*parabolico
4. Abrir *t*parabolico (>>*t*parabolico)
5. Seleccionar JUEGOS
6. Seleccionar INSTRUCCIONES
7. Colocar el cursor en el lugar donde se desea que esté la canasta
8. Escribir el ángulo con el que se desea lanzar, por ejemplo 40°
9. Escribir la V_o con la que se desea lanzar, por ejemplo 25 m/s
10. Seleccionar LANZAR
11. Volver a seleccionar V_o y ángulo hasta acertar a la canasta

En el siguiente espacio pegar la figura de los lanzamientos realizados

Figura 1 Lanzamientos realizados sin realizar cálculos

Objetivo 2

1. Seleccionar INSTRUCCIONES
2. Colocar el cursor en el lugar donde se desea que esté la canasta
3. Escribir el ángulo con el que se desea lanzar, por ejemplo 75°
4. Escribir la V_0 con la que se desea lanzar, por ejemplo 25 m/s
5. Usar la fórmula que relaciona x con y para calcular V_0 con los datos de la posición de la canasta y el ángulo de disparo
6. Escribir el valor de V_0 calculado

**En el siguiente espacio escribir los cálculos que se hicieron y
Pegar la figura del lanzamiento realizado**

Figura 2 Lanzamiento realizado

RESULTADOS

El objetivo 1, de acuerdo como se aprecia en la figura 1, _____

y el objetivo 2 _____

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

PRÁCTICA 4

(Individual)

Creación del Dr. Espinoza

Esta práctica se realizará en un espacio abierto, No en el laboratorio

MOVIMIENTO CIRCULAR (o atínale al blanco)

Nombre del estudiante: _____

- 1.- ¿Se hace girar verticalmente al borrador? _____
- 2.- ¿Qué característica tiene el momento en que se abre la mano para soltar la cuerda? ____

- 3.- ¿Qué se dibuja en la Figura 2? _____

OBJETIVO

Determinar la dirección de la velocidad de un proyectil lanzado por una honda que se mueve en un plano horizontal.

TEORÍA

Si $y=f(x)$, su derivada se define como la pendiente de la recta tangente y la gráfica de la derivada es una recta tangente. En función de la posición $\mathbf{r}$, la velocidad $\mathbf{v}$ se define

como $\mathbf{v} = \frac{d\mathbf{r}}{dt}$

MATERIAL

Cuerda de aproximadamente un metro de longitud.

Borrador de goma

PROCEDIMIENTO

Atar el borrador al extremo de la cuerda haciéndolo girar en círculos como se muestra en la siguiente figura.



Figura 1 Se muestra la manera de hacer girar el proyectil.

Se requiere soltar la cuerda cuando el proyectil (borrador) está en cada una de las posiciones mostradas en la figura 2 y escribir los resultados de “atínale al blanco” dibujando la trayectoria seguida por el proyectil al momento de soltar la cuerda. No es necesario dibujar toda la trayectoria del proyectil, solo un primer tramo.

Se deben realizar dos disparos en cada una de las posiciones y dibujarlas en la figura 2. La posición 5 está sobre la línea recta que une al centro del círculo con el blanco.

RESULTADOS

En la Figura 2 se presentan dibujadas las trayectorias de los proyectiles en cada unos de los 10 disparos. Además se marca la posición del proyectil sobre la circunferencia, desde donde parte para dar en el blanco.

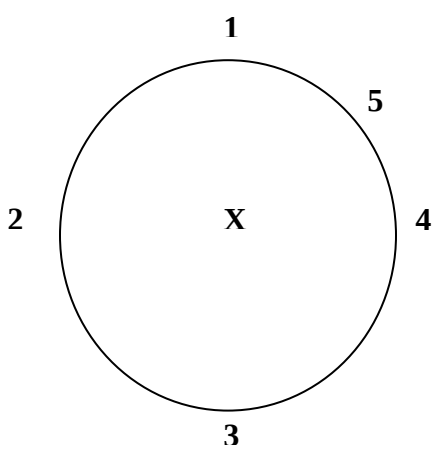
BLANCO

Figura 2 Dibujo donde se muestran los resultados de esta práctica, las flechas que indican las direcciones de la velocidad en cada uno de los 10 disparos efectuados.

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

PRÁCTICA 5

COEFICIENTE DE ROZAMIENTO

Nombre del estudiante: _____

Nombre de los integrantes del equipo: _____

Nombre del profesor: _____

1. ¿Qué procedimiento se va a usar para calcular el coeficiente de rozamiento estático? _____

2. ¿Qué procedimiento se va a usar para calcular el coeficiente de rozamiento cinético? _____

3. ¿Cuántos materiales diferentes van a deslizar uno sobre otro en esta práctica y cuáles son? _____

OBJETIVO

Determinar los coeficientes de rozamiento estático y dinámico entre tres diferentes tipos de superficies como por ejemplo madera con madera, metal con metal y madera con metal.

TEORÍA

La fuerza de fricción o de rozamiento (F_r) es una fuerza tangencial que actúa al haber movimiento entre dos superficies que están en contacto. Se supone es debida a las irregularidades de las superficies y a la atracción molecular. Si no existiera el rozamiento, la única fuerza debido al contacto sería la normal (n).

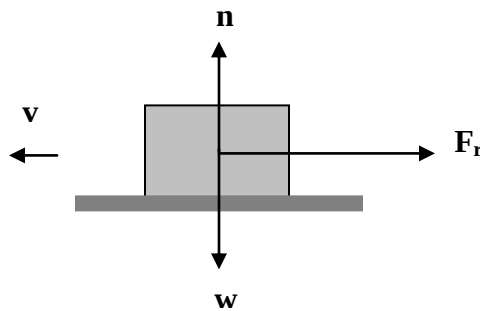


Figura 1 Diagrama de cuerpo libre de un cuerpo de peso W moviéndose con una velocidad v sobre una superficie.

Leonardo da Vinci (1452-1519) descubrió, dos siglos antes de que Newton desarrollara por completo el concepto de fuerza, que el rozamiento es proporcional a la fuerza normal

$$F_r \propto n$$

Actualmente, a la constante de proporcionalidad μ se le llama coeficiente de fricción

$$F_r = \mu n$$

Cuando se aplica una fuerza $\mathbf{P}$ para mover al bloque de la Figura 1 y éste no se mueve, la máxima fuerza de rozamiento se llama fuerza de rozamiento estática ($\mathbf{F}_{rs}$). Si la fuerza p aumenta, entonces se produce el movimiento y la fuerza de rozamiento disminuye bruscamente manteniéndose constante durante el movimiento y recibiendo el nombre de fuerza de rozamiento cinética ($\mathbf{F}_{rk}$). Esto se representa en la Figura 2.

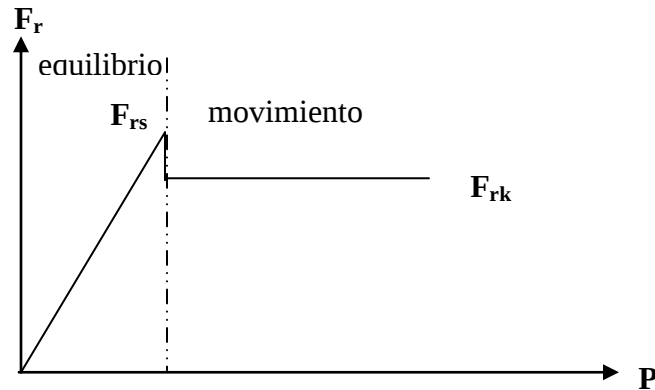


Figura 2 Gráfica que muestra el cambio de la fuerza de fricción cuando aumnete la fuerza P .

Existe un coeficiente μ representado como

μ_s = coeficiente de rozamiento estático

μ_k = coeficiente de rozamiento cinético

que corresponden a cada una de las fuerzas de fricción

$$\mathbf{F}_{rs} = \mu_s \mathbf{n}$$

$$\mathbf{F}_{rk} = \mu_k \mathbf{n}$$

La representación de las fuerzas de rozamiento vista aquí es solamente válida para superficies secas, no lubricadas. En todos los demás casos posibles (lubricación, rodamiento) la expresión matemática es diferente. En la Tabla 1 se presentan valores de los coeficientes de rozamiento estáticos típicos.

MATERIALES EN CONTACTO	INTERVALOS DE μ_s
Metal sobre metal	0.15-0.60
Metal sobre madera	0.20-0.60
Metal sobre piedra	0.30-0.70
Metal sobre cuero	0.30-0.60
Madera sobre madera	0.35-0.50
Madera sobre cuero	0.25-0.50
Piedra sobre piedra	0.40-0.70
Tierra sobre tierra	0.20-1.00
Caucho sobre concreto	0.60-0.90

Tabla 1 Valores aproximados de los coeficientes de fricción estáticos para superficies secas (tomados de Beer y Johnston, 1984).

MATERIAL

Dinamómetro

Madera (bloque y tabla)

Metal (bloque y tabla)

Cuerda de 15 a 30 cm de longitud

PROCEDIMIENTO

Para lograr el objetivo de esta práctica se utilizará el método contenido en el siguiente problema:

El estudiante _____ (tu nombre sobre la línea) trata de determinar los coeficientes de rozamiento estático y cinético entre una caja y un tablón. Coloca la caja sobre el tablón y gradualmente levanta éste. Cuando la inclinación con la horizontal es de 30° , la caja comienza a resbalar y desliza 4 m sobre el tablón en 4 s. Explique como puede determinar los coeficientes mediante estas observaciones (problema adaptado de Resnick y Halliday, 1976).

En el siguiente espacio escribir los cálculos realizados para determinar el coeficiente de rozamiento estático.

Una vez resuelto el problema anterior se entiende que uno de los datos a medir es el ángulo θ (también llamado ángulo de fricción) al cual empieza a deslizar el cuerpo colocado sobre el tablón y

$$\mu_s = \tan \theta.$$

Para calcular μ_k se procede a jalar, horizontalmente y con velocidad constante, un cuerpo midiendo con un dinamómetro la fuerza aplicada P (Figura 3). De la suma de fuerzas horizontales se tiene que $\mathbf{P} = \mathbf{F}_{rk}$ de donde $\mu_k = \frac{P}{n}$ y como $\mathbf{n} = \mathbf{W}$ entonces

$$\mu_k = \frac{P}{W}.$$

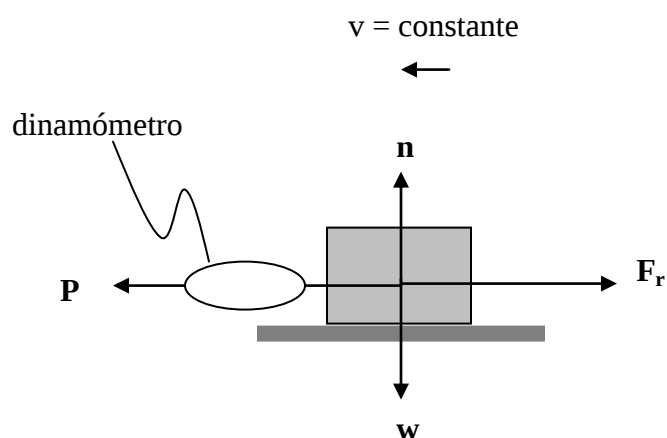


Figura 3 Diagrama que muestra las fuerzas actuantes durante el movimiento rectilíneo uniforme de un cuerpo sobre una superficie horizontal. Al mismo tiempo se mide con un dinamómetro la fuerza P .

DATOS OBTENIDOS

(a) Rozamiento estático

MATERIALES EN CONTACTO	ÁNGULO θ
Metal sobre metal	
Metal sobre madera	
Madera sobre madera	

(b) Rozamiento cinético

MATERIALES EN CONTACTO	FUERZA P	PESO w
Metal sobre metal		
Metal sobre madera		
Madera sobre madera		

PROCESAMIENTO DE DATOS

Se aplican las siguientes fórmulas a los datos

$$\mu_s = \tan \theta$$

$$\mu_k = \frac{P}{W}$$

RESULTADOS

MATERIALES EN CONTACTO	μ_s	μ_k
Metal sobre metal		
Metal sobre madera		
Madera sobre madera		

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

PRÁCTICA 6

LEY DE HOOKE

Nombre del estudiante: _____

Nombre de los integrantes del equipo: _____

Nombre del profesor: _____

1. ¿Por qué se llama esta práctica Ley de Hooke? _____

2. ¿Qué característica tiene la región plástica? _____

_____ ¿Y cuál la región lineal? _____

3. ¿Qué pasa cuando un resorte se deforma más allá del límite elástico? _____

OBJETIVO

Determinar la relación entre la fuerza aplicada a un resorte (y a un elástico) y su deformación.

TEORÍA

La ecuación $F = k \times$ (ver Figura 1) es una relación empírica conocida como Ley de Hooke y es un caso especial del fenómeno de deformación de los cuerpos elásticos descubierta por Robert Hooke (1635-1703). Todos los cuerpos siguen esta ley y si se deforman más allá de cierto límite llamado límite elástico, entonces no recobran su forma original sufriendo deformaciones permanentes. En este caso se dice que el material ha sufrido una degradación perdiendo sus características originales entre ellas la rigidez.

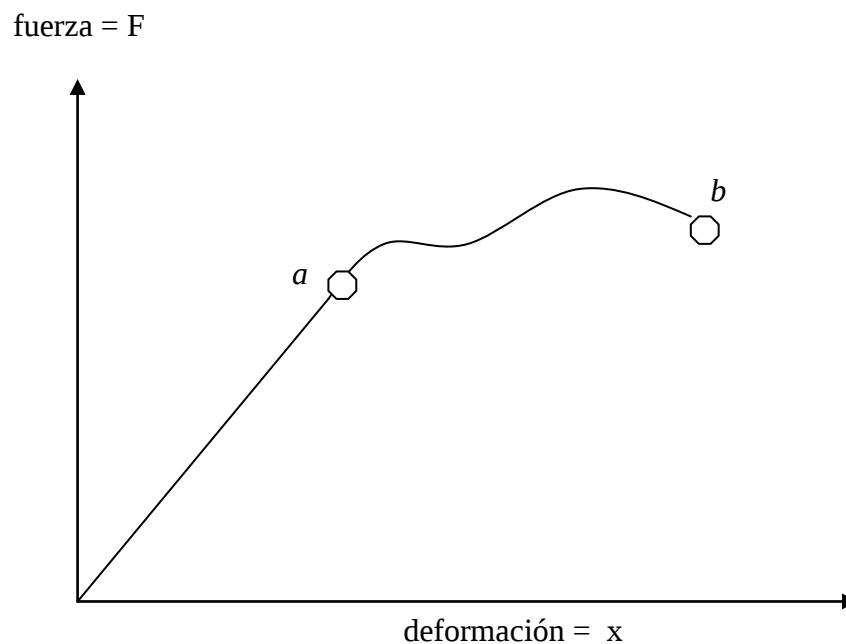


Figura 1 Gráfica que representa la deformación de un cuerpo sujeto a una fuerza F . La primera parte, del origen al punto a se la conoce como región lineal y en esta región es válida la ley de Hooke. La segunda parte hasta el punto de ruptura b se le conoce como región de deformación plástica o región de comportamiento no lineal.

MATERIAL

Foto o dibujo

Resorte
Elástico
Soporte
Cinta métrica
o regla

Incluir foto,
dibujo o
diagrama
del material
utilizado
mostrando
su posición
durante la
práctica

**PROCEDIMIENTO**

Se coloca el resorte sujeto al soporte y se le cuelgan pesos midiéndose éstos y las deformaciones que ocasionan. Se utilizan al menos diez pesos diferentes cuidándose no llegar al límite elástico. Si esto ocurre se iniciará nuevamente la toma de datos. Se procede de igual manera con el elástico.

DATOS OBTENIDOS

RESORTE	
m	N
x	F

ELÁSTICO	
m	N
x	F

$\Delta x =$ _____, $\Delta F =$ _____

PROCESAMIENTO DE DATOS

Para obtener la relación entre x y F se grafica F en el eje vertical y x en el horizontal (puede ser al revés). Se recomienda utilizar EXCEL y la gráfica se verá como el ejemplo de la Figura 2.

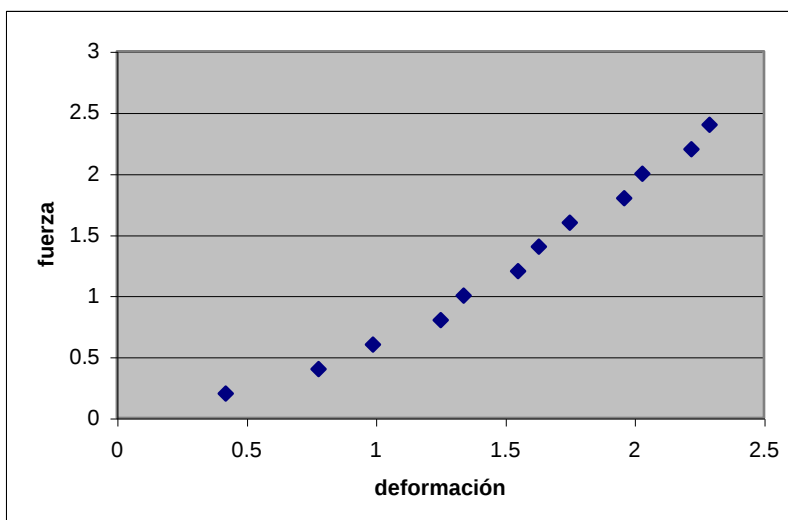


Figura 2 Gráfica de datos ficticios que muestra lo que se hará con los datos obtenidos.

Se ajusta una recta a los datos con el método de mínimos cuadrados o regresión lineal obteniéndose la Figura 3.

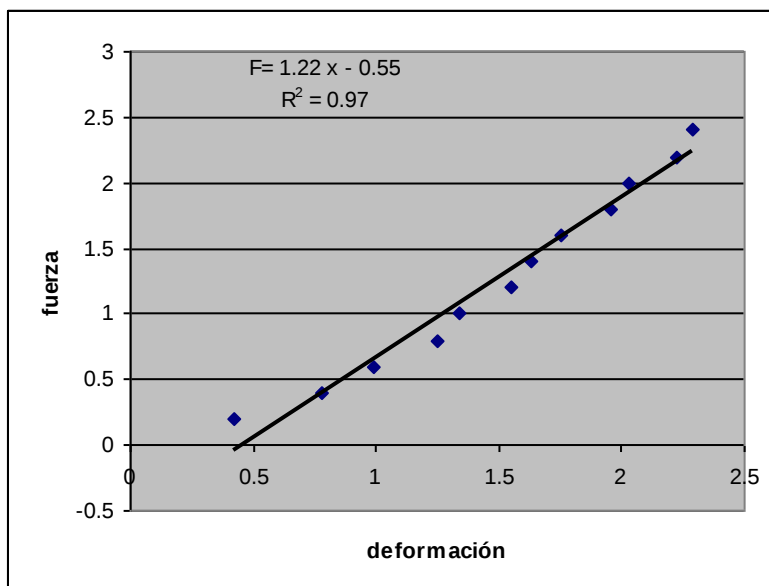


Figura 3 Ajuste de una recta con el método de mínimos cuadrados a los datos de la Figura 1. Se muestra la bondad del ajuste con el coeficiente de Pearson al cuadrado (R^2).

(Anexar en esta parte las Figuras 4 y 5 que son las correspondientes a los datos obtenidos para el resorte y el elástico)

Figura 4 Gráfica de datos medidos y la recta ajustada con el método de mínimos cuadrados para el resorte.

Figura 5 Gráfica de datos medidos y la recta ajustada con el método de mínimos cuadrados para el elástico.

La relación entre F y x para cada resorte se obtiene de las gráficas de las Figura 4 y 5, donde la pendiente es igual a _____ para el resorte y _____ para el elástico.

y el punto b de intercepción con el eje vertical = _____ para el resorte 1 y _____ para el elástico.

Así,

$F =$ _____ para el resorte y $F =$ _____ para el elástico.

RESULTADO

RESORTE	ELÁSTICO
$F =$	$F =$

$\Delta x =$ _____

$\Delta F =$ _____

donde x tiene como unidades centímetros

y F está dado en _____

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

PRÁCTICA 7

Esta práctica fue diseñada por Florencia López Flores y Juan Pablo Prieto Astudillo, con la asesoría del Dr. Espinoza, cuando cursaron la materia de Dinámica en el ciclo 2005-1 y la presentaron como proyecto en la XVII Semana de Ingeniería.

El equipo que se utiliza en el laboratorio fue construido por ambos estudiantes.

ROZAMIENTO AL RODAMIENTO

Nombre del estudiante: _____

Nombre de los integrantes del equipo: _____

Nombre del profesor: _____

1. ¿Qué diferencia existe entre fuerza de rozamiento al deslizamiento y fuerza de rozamiento al rodamiento? _____

2. ¿Cuál es el procedimiento para obtener la relación entre d y h ? _____

3. ¿Cuál se espera sea el resultado de esta práctica? _____

OBJETIVO

1. Determinar la relación entre la altura desde la que inicia su movimiento un cuerpo sobre un plano inclinado y la distancia horizontal que recorre durante todo su movimiento hasta que se detiene, una vez fuera del plano inclinado.
2. Predecir, usando la relación encontrada, la distancia horizontal a recorrer si el móvil es colocado a una altura determinada. Comprobar realizando el experimento.

TEORÍA

En la práctica 5 se trabaja con la fuerza de fricción al deslizamiento, estática y dinámica, mientras que ahora se estudia la fricción al rodamiento.

La rueda es uno de los inventos más importantes de nuestra civilización y fue utilizada en vehículos que pudieron incrementar la velocidad de transporte y el peso y volumen de la carga transportada con un esfuerzo relativamente pequeño.

Debido a que en cualquier instante el punto de la rueda que está en contacto con el piso, no tiene movimiento relativo con respecto al piso, se eliminan las fuerzas de rozamiento al deslizamiento. Sin embargo, la rueda no es perfecta y existe una resistencia debida a:

- Rozamiento en el eje
- La deformación de la rueda y el piso de tal manera que el contacto no ocurre en un solo punto sino en una área

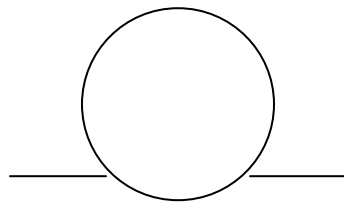


Figura 1 El piso se deforma.

MATERIAL

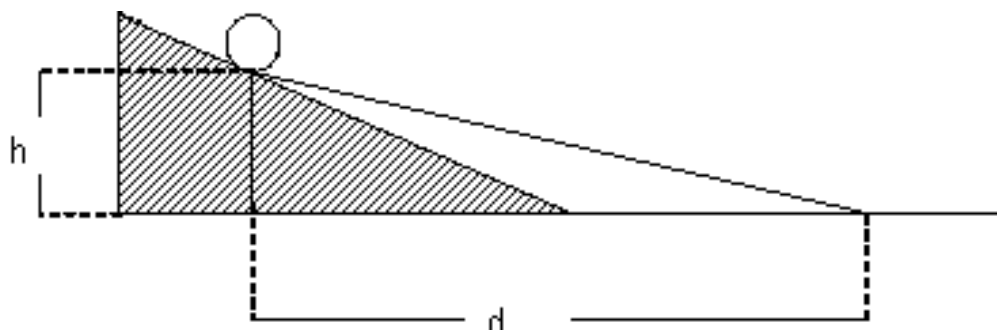
Foto o dibujo

Plano inclinado
Auto de
juguete
Cinta métrica
o regla

Incluir foto,
dibujo o
diagrama
del material
utilizado
mostrando
su posición
durante la
práctica

**PROCEDIMIENTO**

1. Se coloca el móvil sobre el plano inclinado, previamente determinadas las alturas (h) a utilizar, y se suelta.
2. Se toman tres o más mediciones de distancia horizontal (d) recorrida, desde la posición inicial hasta que el móvil se detiene, y se obtiene la media.
3. Se repite la operación con distintas alturas, mínimo 10.



DATOS OBTENIDOS

cm	cm
h	d

$\Delta h =$ _____

$\Delta d =$ _____

PROCESAMIENTO DE DATOS

Para obtener la relación entre h y d se grafica d en el eje vertical y h en el horizontal (puede ser al revés). Se recomienda utilizar EXCEL y la gráfica se verá como el ejemplo de la Figura 2.

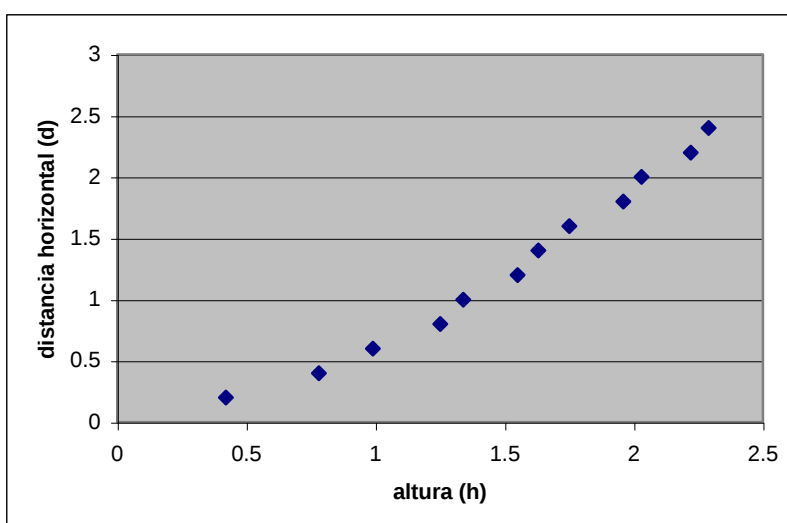


Figura 2 Gráfica de datos ficticios que muestra lo que se hará con los datos obtenidos.

Se ajusta una recta a los datos con el método de mínimos cuadrados o regresión lineal obteniéndose la Figura 3.

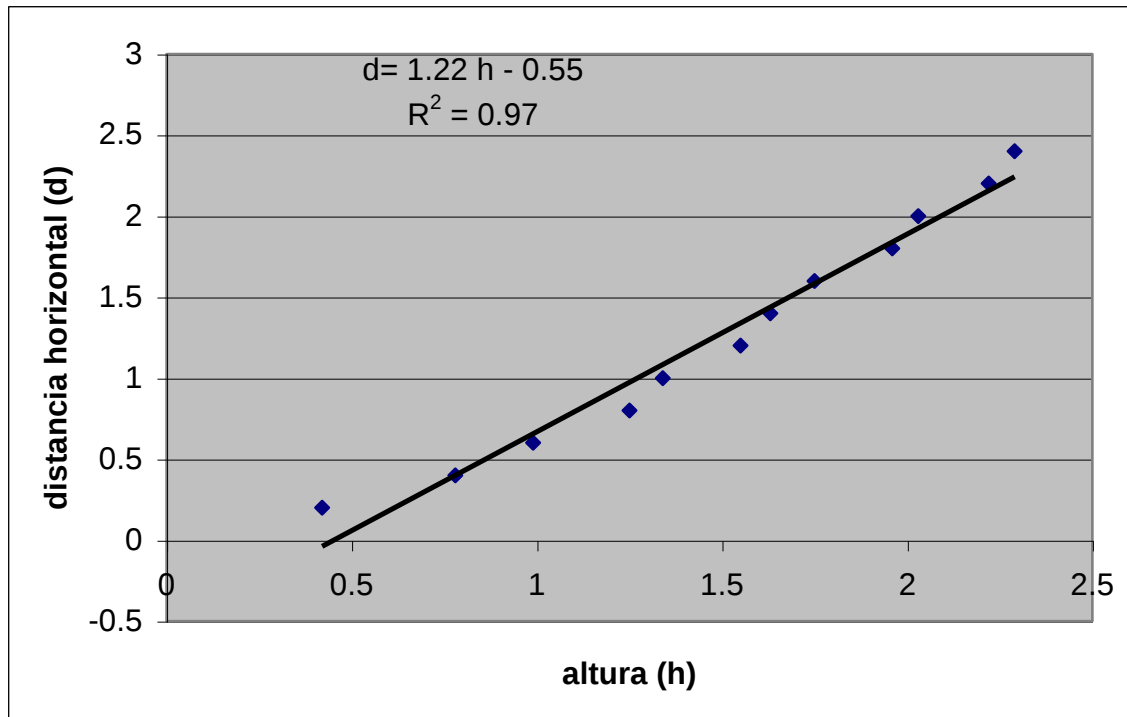


Figura 3 Ajuste de una recta con el método de mínimos cuadrados a los datos de la Figura 1. Se muestra la bondad del ajuste con el coeficiente de Pearson al cuadrado (R^2).

(Anexar en esta parte la Figura 4 que corresponde a los datos obtenidos en esta práctica)

Figura 4 Gráfica de datos medidos y la recta ajustada con el método de mínimos cuadrados.

La relación entre d y h se obtiene de la gráfica de la Figura 4, donde la pendiente es igual a _____ y el punto b de intercepción con el eje vertical = _____ así,

$$d = \underline{\hspace{2cm}}$$

RESULTADO

$$d = \underline{\hspace{2cm}}$$

$$\Delta h = \underline{\hspace{2cm}}$$

$$\Delta d = \underline{\hspace{2cm}}$$

donde h y d tienen como unidades centímetros

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

PRÁCTICA 8

TRABAJO Y POTENCIA

Nombre del estudiante: _____

Nombre de los integrantes del equipo: _____

Nombre del profesor: _____

1. ¿Qué diferencia existe entre la energía cinética y la energía potencial? _____

2. ¿Cómo se define la potencia? _____

3. ¿Cuál se espera sea el resultado de esta práctica? _____

OBJETIVO

Calcular el trabajo mínimo para elevar un cuerpo a una altura determinada y la potencia para dicho caso.

TEORÍA

El trabajo de una fuerza externa resultante sobre un cuerpo es igual al cambio de la energía cinética del cuerpo, este es el Teorema del Trabajo y la Energía formulado por Ernest Joule, industrial dueño de una fábrica de cerveza.

Un incremento de la energía cinética ocurre como resultado de un trabajo positivo, mientras que una disminución en la energía cinética es el resultado de un trabajo negativo. En el caso especial de que el trabajo sobre un cuerpo sea cero, la energía cinética es una constante.

La energía cinética (E_c) es la energía que tiene un cuerpo en virtud de su movimiento, mientras que la energía potencial (E_p) es la energía que tiene un cuerpo en virtud de su posición o condición.

Se define la energía cinética como la capacidad para realizar un trabajo como resultado del movimiento de un cuerpo.

La fuerza F necesaria para elevar un cuerpo debe ser por lo menos igual al peso W . Entonces el trabajo realizado por el sistema está dado por:

$$T = W h = M g h$$

Donde W y M son el peso y masa de un objeto situado a una distancia h sobre un nivel de referencia.

En la definición de trabajo no participa el tiempo. La misma cantidad de trabajo se realiza si la tarea dura una hora o un año.

Potencia es la rapidez con la que se realiza un trabajo, y se puede calcular con:

$$P = \text{Trabajo} / \text{tiempo} = T / t$$

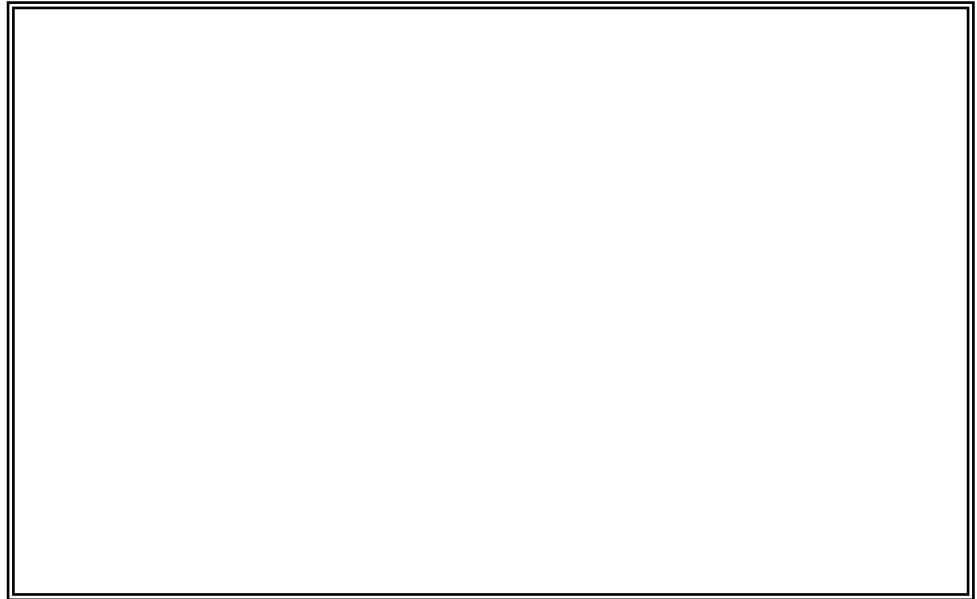
La unidad en el sistema internacional para la energía o trabajo, es el Joule (J) y la unidad de potencia es el Joule/s y se denomina Watt (W).

MATERIAL

Foto o dibujo

Cinta métrica
Cronómetro
Balanza

Incluir foto,
dibujo o
diagrama
del material
utilizado
mostrando
su posición
durante la
práctica

**PROCEDIMIENTO**

- 1) Se calcula el trabajo realizado por una persona (la que realiza la práctica) para subir las escaleras desde la planta baja, hasta el tercer nivel (en el edificio donde se encuentra el laboratorio de Dinámica).

Inicialmente se mide la altura que sube la persona y posteriormente se mide su peso (o se acepta el dato proporcionado por la persona).

Con estos datos se calcula el trabajo.

- 2) Se calcula la potencia promedio desarrollada por la persona al subir, dividiendo el trabajo entre el tiempo utilizado en subir, medido con un cronómetro.
- 3) Se calcula el trabajo y la potencia de cada uno de los estudiantes del grupo que está realizando la práctica.

DATOS OBTENIDOS

De la persona que realiza la práctica:

m	kg	s
<i>h</i>	<i>W</i>	<i>t</i>

$\Delta h =$ _____

$\Delta W =$ _____

$\Delta t =$ _____

De las personas que realizan la práctica:

	kg	s
<i>nombre</i>	<i>W</i>	<i>t</i>

PROCESAMIENTO DE DATOS

En el primer renglón los datos de la persona que realiza el reporte y después el resto de las personas.

	<i>nombre</i>	Newton	Joule	segundos	Watt
		<i>Peso</i>	<i>Trabajo</i>	<i>tiempo</i>	<i>Potencia</i>
		W	T	t	P
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					
13					
14					
15					
16					
17					
18					
19					
20					
21					
22					
23					
24					
25					
26					
27					
28					
29					
30					

RESULTADO

	<i>nombre</i>	Joule	Watt
		Trabajo	Potencia
		T	P
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			
12			
13			
14			
15			
16			
17			
18			
19			
20			
21			
22			
23			
24			
25			
26			
27			
28			
29			
30			

$\Delta T =$ _____

$\Delta P =$ _____

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

PRÁCTICA 9

PÉNDULO SIMPLE

Nombre del estudiante: _____

Nombre de los integrantes del equipo: _____

Nombre del profesor: _____

1. ¿Cuál es la relación teórica entre longitud y el periodo de un péndulo? _____

2. ¿Qué es el periodo de un péndulo? _____

3. ¿Por qué medir el tiempo de 10 oscilaciones? _____

4. ¿Por qué el valor del ángulo es menor a 10° ? _____

OBJETIVO

Determinar la relación entre la longitud y el periodo de un péndulo simple.

TEORÍA

Un péndulo es un cuerpo ideal que consiste en una masa puntual, suspendida de un hilo ligero (sin masa) e inextensible. Cuando se separa de su posición de equilibrio y se suelta, el péndulo oscila en un plano vertical bajo la acción de la fuerza de gravedad. El movimiento es periódico y oscilatorio. El tiempo de duración de una oscilación completa se llama periodo p y es función del ángulo entre el péndulo y la vertical, de la longitud del péndulo L y de la gravedad g .

$$p = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}} \left(1 + \frac{1}{2^2} \sin^2 \frac{\theta}{2} + \frac{1}{2^2} \frac{3^2}{4} \sin^4 \frac{\theta}{2} + \dots \right)$$

Para θ pequeño, menor que 10° , $\sin \theta \approx \theta$ en radianes, como se ve en la Tabla 1 y todos los valores de $\sin \theta$ elevados a potencias mayores a 2 son aproximadamente igual a cero por lo que la fórmula anterior se reduce a

$$p = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}}$$

lo cual significa que el periodo no depende de θ para ángulos menores a 10° .

θ en grados	θ en radianes	$\sin \theta$	diferencia %
0	0.0000	0.0000	0
2	0.0349	0.0349	0.00
5	0.0873	0.0872	0.11
10	0.1745	0.1736	0.51
15	0.2616	0.2588	1.14

Tabla 1 Se muestra que para ángulos θ pequeños, menores que 10° , $\sin \theta \approx \theta$ en radianes por lo que la fórmula del periodo p se reduce al primer término.

MATERIAL

Foto o dibujo

Hilo de longitud
mayor a 2m
Esfera
Cronómetro
Soporte

Incluir foto, dibujo
o diagrama del
material utilizado
mostrando su
posición durante
la práctica



PROCEDIMIENTO

Se forma un péndulo con la esfera colgada de un hilo y éste fijo a un soporte.

Se hace oscilar el péndulo con un ángulo respecto a la vertical menor a 10° y se mide el tiempo de 10 periodos dividiéndose este valor entre 10 para obtener el tiempo de un periodo. Esto se hace para reducir el error de medición del tiempo en forma manual. El error debido al tiempo de reacción de la persona que usa el cronómetro es reducido con esta técnica 10 veces en la medida de un periodo

Se calcula el valor de un periodo y se procede a acortar la longitud del péndulo volviéndose a medir el periodo y así sucesivamente hasta tener mínimo 10 puntos donde se conoce el periodo por longitud del péndulo.

DATOS OBTENIDOS

m	s
L	P

$$\Delta L = \underline{\hspace{2cm}}$$

$$\Delta P = \underline{\hspace{2cm}}$$

En esta última práctica del curso se espera que el estudiante aplique lo realizado en las prácticas anteriores para lograr el objetivo por lo que en el siguiente espacio escriba el procesamiento de los datos e incluya la o las gráficas necesarias.

RESULTADO

DISCUSIÓN DE RESULTADOS