

EQUIPO DE
MECÁNICA
manual del profesor



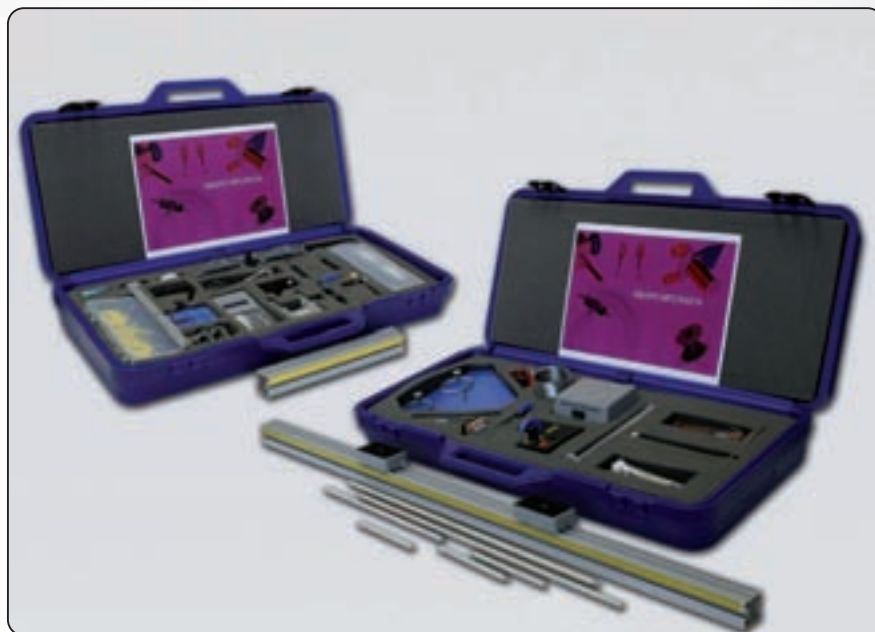
EQUIPO DE MECÁNICA

Marca



Modelo MUL R60200C

MANUAL DEL PROFESOR





**EQUIPO DE MECÁNICA
MANUAL DEL PROFESOR**

José Vicente Morales Ortiz
Licenciado en Ciencias

Depósito legal: M-4841-1992

Actualización del equipo realizada en 2008.

Departamento de Química

IES PALOMERAS-VALLECAS. MADRID.

A. INTRODUCCIÓN.

B. Índice de experiencias.

C. COMPOSICIÓN DEL EQUIPO

D. DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL.

Contador digital

Guía de montajes

E. OBSERVACIONES A LAS ACTIVIDADES PROPUESTAS.

F. APÉNDICE (OTRAS ACTIVIDADES DE AMPLIACIÓN.

1.- Tornillo micrométrico o palmer.

2.- Esferómetro.

3.- Balanza hidrostática.

4.- Balanza de Mohr.

5.- Balanzas de vigas y granatarios.

6.- Aerómetros o densímetros.

7.- Estroboscopio.

8.- Barómetro de cubeta.

9.- Acústica y osciloscopio.

10.- Rueda de Maxwell.

G. TABLAS.

Sistema Internacional de Unidades.

Definiciones de Unidades Básicas.

Unidades derivadas.

Múltiplos y submúltiplos.

Prefijos.

Unidades admitidas por su uso.

Densidades de sólidos y líquidos.



Las actividades que se proponen en este equipo ayudan al alumno a conocer mejor el mundo que le rodea, utilizando el método científico, para lo cual ha de observar los hechos que ocurren alrededor, aventurar respuestas, suposiciones o hipótesis, realizar experiencias de comprobación e inducir leyes físicas. El estudio de la Mecánica requiere, por tanto, tres etapas muy definidas: Comprensión del fenómeno físico, medición de las magnitudes físicas que intervienen y análisis de los resultados e inducción de las leyes correspondientes.

Se ha desarrollado cada actividad de alumnos siguiendo una metodología activa, por aplicación del método científico, siguiendo generalmente los siguientes apartados: Objetivos propuestos, emisión de hipótesis, relación de material necesario, normas y dibujos para el montaje experimental, método o procedimiento experimental, recogida de datos y tabulación de los mismos, análisis de resultados, contrastado de hipótesis y conclusiones, y cuestionario.

En la Guía del Profesor se expone inicialmente una descripción del material del equipo, con dibujos y fotografías de detalles de montaje de determinados aparatos y de sus características. Más adelante se ofrece una serie de observaciones sobre las actividades propuestas, indicando algunos fundamentos teóricos, anotaciones, advertencias, esquemas, resultados aproximados y de guía, gráficas resultantes... Se introducen errores experimentales y un extenso cuestionario de evaluación y de relación de los fenómenos con el entorno, así como de aplicaciones de interés en la vida cotidiana. Al final, se sugiere una serie de experiencias opcionales para despertar el interés y la curiosidad científica.

Se pretende, en todo caso, que los alumnos tengan iniciativa en el desarrollo de su creatividad, aunque se expone una descripción de la parte experimental sólo a modo de orientación.

Las actividades están planteadas de manera que se alcancen los objetivos propuestos en los niveles de Enseñanza Secundaria y Bachillerato. En la Enseñanza Secundaria Obligatoria se pretende que el alumno se inicie en la forma de trabajar siguiendo el método científico, observando los fenómenos, reproduciendo en el aula o en el laboratorio las experiencias necesarias para comprobar las hipótesis obtenidas de la observación del fenómeno físico, midiendo magnitudes físicas (longitud, masa, tiempo, volumen, densidad, etc.), utilizando aparatos sencillos (cinta métrica, balanza, cronómetro, probeta graduada, etc.), montando máquinas (palanca y poleas) e induciendo leyes sencillas (ley de la palanca). Otros objetivos de niveles superiores incluyen estudios experimentales de movimientos, fuerzas y momentos, ondas, etc., así como inducción de leyes más complejas, como las de Newton, Hooke, Arquímedes, leyes de los gases...

Introducción

El profesor elegirá a su criterio, las actividades adecuadas a cada nivel, utilizará los procesos que caracterizan la metodología científica, estructurará la clase en grupos, favoreciendo el nivel de participación, el intercambio de ideas, y orientará la puesta en común tras realizar cada actividad.

Se recomienda que el alumno disponga de un cuaderno de trabajo, a modo de diario secuencial, donde refleje sus observaciones, resultados, dibujos descriptivos del material utilizado, respuestas a las cuestiones y cuantas sugerencias sobre la actividad considere necesarias.



ÍNDICE DE EXPERIENCIAS



MEDIDAS – ERRORES

- 1.- Medida de magnitudes físicas. Límites de error.
- 2.- Medidas de longitudes con el calibre.
- 3.- Medidas de tiempos con el cronómetro electrónico:
 - I. Uso del cronómetro sin barrera.
 - II. Con el péndulo y barrera fotoeléctrica.
 - III. con el plano y barrera.
- 4.- Imprecisiones en las medidas indirectas:
 - I. De la densidad de un sólido.
 - II. Del volumen de un bloque.

MOVIMIENTOS RECTILINEOS. CAIDA LIBRE.

- 5.1.- Movimiento rectilíneo uniforme:
 - I. De un carrito, con barreras y cronoscopio.
 - II. De una bola, con barreras y cronoscopio.
 - III. Con un motor-reductor.
- 5.2.- Gráficas en el movimiento rectilíneo uniforme
- 6.1.- Aceleración de un móvil.
- 6.2.- Movimiento rectilíneo uniformemente acelerado:
 - I. De un carrito sobre un plano inclinado
 - II. De una bola.
- 6.3.- Gráficas en el movimiento rectilíneo uniformemente acelerado
- 6.4.- Caída libre. Determinación de “g”:
 - I. Experiencia similar al tubo de Newton.
 - II. Con aparato para caída libre, con barreras fotoeléctricas.
 - III. Montaje con máquina de Atwood.

MOVIMIENTO CIRCULAR

- 7.1.- Movimiento circular uniforme. Velocidad angular. Aceleración normal.
- 7.2.- Movimiento circular uniformemente acelerado. Aceleración angular.

COMPOSICIÓN DE MOVIMIENTOS

- 8.1.- Lanzamiento horizontal.
- 8.2.- Movimiento en el plano inclinado y lanzamiento horizontal.
- 9.- Lanzamiento oblicuo.

MOVIMIENTO ARMÓNICO SIMPLE

- 10.- Movimiento armónico simple con un muelle y barreras fotoeléctricas.
- 11.- Movimiento armónico simple del péndulo con barreras fotoeléctricas.
- 12.- Composición de un movimiento armónico y otro rectilíneo.

COMPOSICIÓN DE FUERZAS

- 13.1.- Composición de fuerzas concurrentes.
- 13.2.- Composición de fuerzas paralelas.

MOMENTO DE UNA FUERZA. PARES. MAQUINAS.

- 14.1.- Momento de una fuerza. Pares (I) y (II).
- 14.2.- Momento de una fuerza. Condiciones de equilibrio.
- 15.- Palancas. Ley de equilibrio.
- 16.- Poleas. Ley de equilibrio.
- 17.- Plano inclinado. Fuerzas y trabajo. Descomposición de fuerzas.

PRINCIPIOS DE LA DINÁMICA. MASA INERCIAL

- 18.- Principio fundamental de la dinámica. Masa inercial.
- 19.- Principio de inercia y de acción y reacción.
- 20.- Máquina de Atwood.

ROZAMIENTO

- 21.1- Fuerzas de rozamiento.

CANTIDAD DE MOVIMIENTO. CHOQUES.

- 22.1- Estudio sobre colisiones. Conservaciones de la cantidad de movimiento:
 - I. Sobre plano con bolas
 - II. Con plano inclinado.
- 22.2.- Choques con carritos y parachoques.

ENERGÍA MECÁNICA

- 23.- Energía cinética. Teorema trabajo-energía.
- 24.- Energía potencial gravitatoria. Campos conservativos.
- 25.- Conservación de la energía mecánica.
 - I. Con péndulo
 - II. Con plano inclinado
 - III. Con carritos

DINÁMICA DEL MOVIMIENTO ARMÓNICO. PÉNDULOS.

- 26.1.- Péndulo simple.
- 26.2.- Péndulo compuesto ó físico.

DINÁMICA DEL MUELLE

- 27.1.- Fuerzas y deformaciones. Ley de Hooke.
- 27.2.- Relación periodo- masa.
- 28.- Lanzador de resorte graduado

DINÁMICA DE ROTACIÓN. FUERZA CENTRÍPETA. MOMENTOS DE INERCIA.

- 29.1.- Fuerza Centrípeta
 - I. Con sistema de rotación.
 - II. Con hilo y bola
- 29.2.- Momento de inercia de una varilla en rotación.
- 29.3.- Ecuación fundamental de la dinámica de rotación.
- 30.- Momento de inercia de un sólido de forma regular.

- 31.- Momento de inercia de un péndulo físico. Teorema de Steiner
- 32.- Conservación del momento cinético:
 - I. Con el péndulo.
 - II. Con el sistema de rotación.
- 33.1.- Estudio comparativo de la elasticidad por torsión de varios hilos metálicos. Par de torsión.
- 33.2.- Período de las oscilaciones por torsión. Isocronismo.
- 33.3.- Momento de inercia del péndulo de torsión.
- 33.4.- Constante de torsión, módulo de rigidez y momento del par de fuerzas.

ONDAS LONGITUDINALES Y TRANSVERSALES

- 34.1.- Ondas longitudinales y transversales. Velocidad de propagación.
- 34.2.- Reflexión y refracción de ondas.

ONDAS ESTACIONARIAS

- 35.1.- Ondas estacionarias en una cuerda.

EL SONIDO. VELOCIDAD Y FRECUENCIA

- 36.- Origen del sonido:
 - I. Vibraciones de un diapasón.
- 37.- Resonancia acústica.
- 38.- Interferencias sonoras.
- 39.1.- Medida de la longitud de onda y la velocidad del sonido.
- 39.2.- Determinación de la frecuencia de un sonido.

PRESIÓN HIDROSTÁTICA

- 40.- Principio fundamental de la hidrostática.
- 41.- Prensa hidráulica

PRINCIPIO DE ARQUIMEDES. MEDIDA DE DENSIDADES

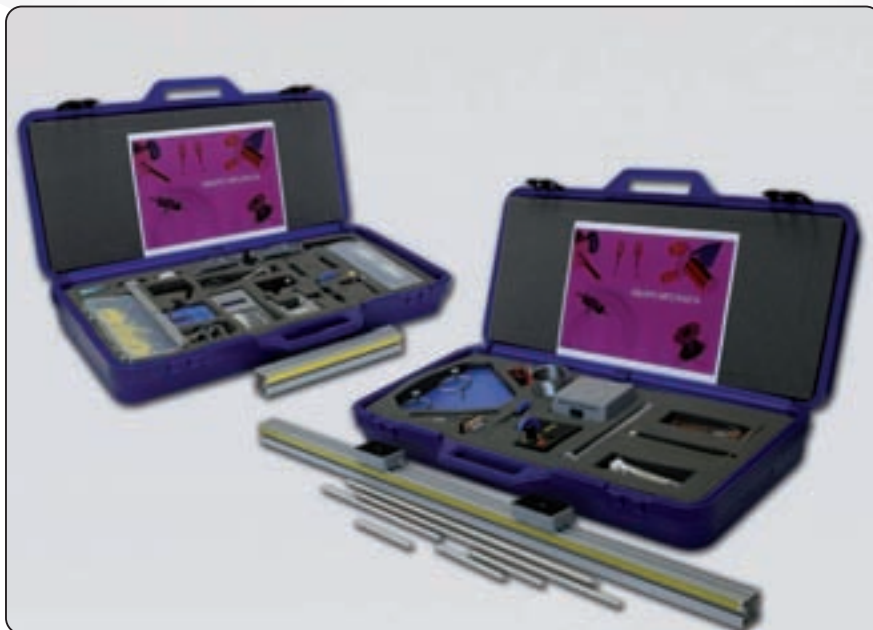
- 42.- Comprobación del principio de Arquímedes.
- 43.- Medida de densidades.

PRESIÓN ATMOSFÉRICA

- 44.- Presión atmosférica. Efectos producidos



C.- COMPOSICIÓN DEL EQUIPO





MATERIAL PARA EL EQUIPO DE EXPERIENCIAS DE MECANICA

Item N° / Componente	Especificación	Cantidad
1) Alambre para torsión. Con Dos Terminales hexagonales	Aluminio, cobre y latón Longitud 200 mm.	1 juego (1 ud. de cada)



2) Base soporte para tres varillas, con dos tornillos para nivelar, y tornillo central fijar perfil (ítems 45 o 46)	Forma triangular de 220mm de lado	1 unidad
---	-----------------------------------	----------



3) Base soporte simple	Dimensiones 200x130 mm	1 unidad
------------------------	------------------------	----------



4) Bloque metálico con gancho		1 unidad
-------------------------------	--	----------



5) Bobina de hilo		1 unidad
-------------------	--	----------



Relación de Piezas

Item N° / Componente

6) Bola de aluminio con gancho



7) Bola de hierro



8) Bola de hierro con gancho



9) Bola de plástico con gancho



10) Caja recoge bolas



11) Calibre pie de rey



12) Carrete de hilo elástico



Especificación

Ø 19 mm

Ø 10, 16, 19 y 25 mm

Ø 19 mm

Ø 19 mm

Caída libre

Cantidad

1 unidad

1 juego
[1 ud. de cada]

2 unidades

1 unidad

1 unidad

1 unidad

1 unidad

Item N° / Componente	Especificación	Cantidad
13) Carrito de desplazamiento con soporte, bajo rozamiento	Dimensiones 90x50x15 mm	2 unidades
		
14) Cilindro con disco	Longitud de 170 mm. Ø25 mm	1 unidad
		
15) Cinta de goma para motor reductor		2 unidades
		
16) Cinta métrica	3 metros	1 unidad
		
17) Contador digital con dos barreras y dos juegos de cables de conexión. Modos: Intervalo (Una y dos puertas), frecuencia, período, cronómetro y contador. Alimentado a pilas 9 V y a red 220 V/110 V Manual de uso		1 unidad
		

Relación de Piezas

Item N° / Componente

Especificación

Cantidad

18) Cronovibrador



1 unidad

19) Cuerda



2m

1 unidad

20) Diapasón con masa



440 Hz

2 unidades

21) Dinamómetros



De 3 y 1 N

1 juego
[3 de cada]

22) Discos de papel de carbono
Para uso con el crono-vibrador



1 caja

23) Electroimán completo con tornillo para fijar en
Perfil item 45.



1 unidad

Item N° / Componente	Especificación	Cantidad
24) Fijador perfil		2 unidades
		
25) Fijador inclinación. Permite unir los perfiles (ítems 45 y 46)		2 unidades
		
26) Fuente de alimentación Con cables de conexión, rojo y negro	CC-CA.6V-12V. 2 A. 220V-110V	1 unidad
		
27) Goma		1 metro
		
28) Juego de dos jeringuillas diferentes Ø	de 12 y 6 ml	1 juego
		

Relación de Piezas

Item Nº / Componente

Especificación

Cantidad

29) Juego de pesas



4x25g; 2x10g; 2x5g;
1 soporte de 25 g

2 juegos

30) Lanzador de proyectil con bola



1 unidad

31) Martillo para diapasones



1 unidad

32) Motor-reductor con sistema de fijación,
Con regulador de velocidad y cono de poleas.



1 unidad

33) Muelle con índice

34) Muelle pequeño

35) Muelle grande

Long. 40 mm Ø12 mm

Long. 130 mm Ø15 mm

Long. 100 mm Ø75 mm

2 unidades

1 unidad

1 unidad



Item N° / Componente	Especificación	Cantidad
36) Nivel de burbuja 		1 unidad
37) Nuez con varilla con 4 topes 	Dimensiones: 50 x 19 mm Varilla de 50 mm de longitud	2 unidades
38) Nuez doble Giro central, permite posiciones de 0° a 360° 		4 unidades
39) Nuez torsión 	Ø 16mm, long. 33 mm	1 unidad
40) Palanca didáctica Con divisiones en cm 	Plástico. Longitud 255 mm	1 unidad

Relación de Piezas

Item N° / Componente

Especificación

Cantidad

41) Para-golpes para carrito



2 unidades

42) Papel milimetrado y papel carbón



1 unidad de cada

43) Péndulos



3 diferentes masas

1 juego

44) Pesa para varilla de rotación



45 g.

2 unidades

45) Perfil multiuso: plano corto, base soporte, Fijación ángulos para perfil 120 cm [46].

360 mm.

1 unidad



46) Perfil plano largo con escala métrica Planos horizontal e inclinado.

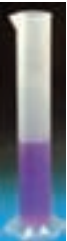
1.200 mm

1 unidad



Relación de Piezas

EQUIPO DE MECÁNICA *Manual del profesor*

Item N° / Componente	Especificación	Cantidad
47) Polea con gancho 	Ø 50 mm	1 unidad
48) Polea con vástago 	Ø 38 mm aprox.	1 unidad
49) Probeta 		1 unidad
50) Recipiente con desagüe superior 		1 unidad
51) Rollo de cinta para Para uso con el crono-vibrador 		1 unidad

Relación de Piezas

Item Nº / Componente

Especificación

Cantidad

52) Sistema de rotación con varilla



1 cm x 26 cm

1 unidad

53) Soporte desplazable para perfiles



Ø 9,5 mm

2 unidades
Ø 8,5 mm 1 unidad

54) Soporte para perfiles [45] y [46]



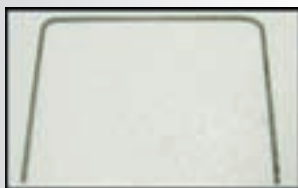
2 unidades

55) Soporte de barreras



2 unidades

56) Soporte torsión



(215x165x165) mm

1 unidad

57) Superficie de rozamiento
Madera, plástico y aluminio



80 x 45 mm
(1 ud. de cada)

1 juego

Item N° / Componente	Especificación	Cantidad
58) Transportador de ángulos		1 unidad
		
59) Tubo de ensayo con varilla de vidrio y tapón		1 unidad
		
60) Tubo cilíndrico-cónico	Longitud total 180 mm Ø30 mm	1 unidad
		
61) Tubos de silicona	Longitud 0,5 m Ø 6 y 12 mm	1 juego (1 de cada)
		
62) Varilla con pinza	Longitud varilla: 60 mm	1 unidad Pinza de Ø 30 mm
		
63) Varilla larga	Ø 10 mm x 630 mm	2 unidades
		

Relación de Piezas

Item N° / Componente

64) Varilla mediana



Especificación

Ø 10 mm x 34 mm

Cantidad

1 unidad

65) Varilla pequeña



Ø 10 mm x 15 mm

1 unidad

66) Manual de profesor

1 unidad

67) Manual de alumno

1 unidad

68) CD con manuales

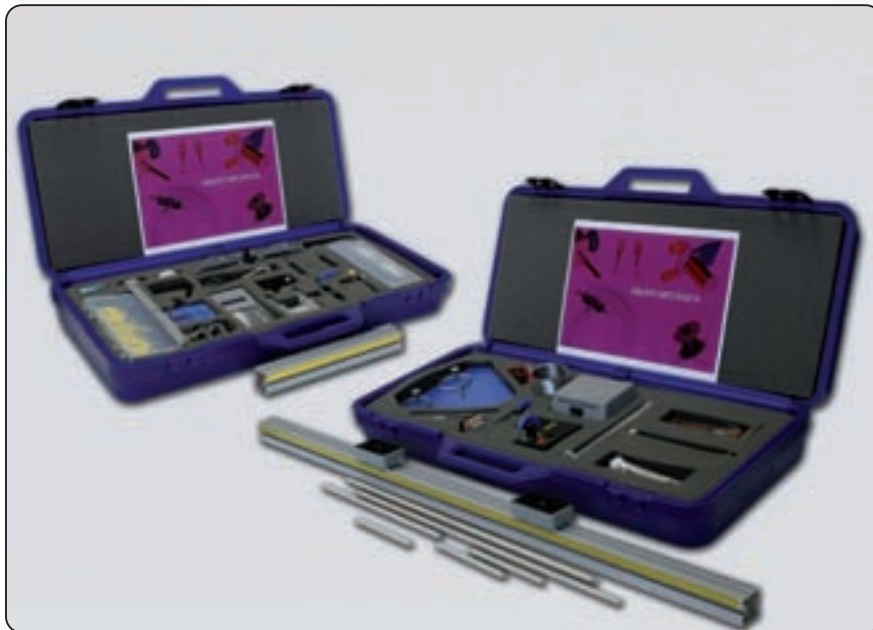
1 unidad

69) Maleta para transporte y conservación

2 unidad



D.- DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL





CONTADOR DIGITAL CON BARRERAS



CONTENIDO DEL KIT

Elemento	Cantidad
Sistema de barreras fotoeléctricas.....	1
Cables de conexión	2
Barreras fotoeléctricas	2
Varillas de conexión externas	2
Adaptador de corriente eléctrica	1
Manual de uso	1

DESCRIPCION GENERAL Y SUGERENCIAS DE USO

Este Contador Digital con barreras fotoeléctricas esta pensado y diseñado para hacer la recolección de datos de manera fácil y útil. Posee un diseño de pinza interno pensado para usarse con otros instrumentos para el estudio práctico de la física. Dispone además de unas varillas de soporte externas de manera que las tradicionales pinzas y bases soportes de laboratorio son perfectamente compatibles con este sistema de barreras.

El display muestra 2 líneas de datos y 4 dígitos decimales. Es además un instrumento versátil, ya que, además del adaptador de corriente, el equipo puede alimentarse de una pila de 9V, lo que dota al sistema de una portabilidad que permite que pueda ser usado en cualquier lugar.

MANEJO DEL CONTADOR DIGITAL

Aviso:

Por favor, no conecte ningún otro conector de clavija telefónica al contador diferente al suministrado, ya que el equipo podría verse afectado por una posible diferencia de voltaje o incluso podría dañarse definitivamente.

Reemplazo de la pila de 9V.

Si el contador no va a ser usado por un periodo largo de tiempo, se recomienda extraer la pila de 9V del compartimiento donde está alojada, con el fin de evitar daños al aparato.

El uso de las dos barreras fotoeléctricas simultáneamente hará que el desgaste de la pila sea mayor que en el caso que estuviésemos utilizando una sola barrera. Para ello, en los casos en que se vaya a trabajar con las dos barreras simultáneamente, recomendamos que el aparato sea alimentado usando el adaptador de corriente y no la pila.

Panel de control

Comando	Función
Modo	El comando Modo selecciona el contador a través de 5 funciones diferentes que se detallan más adelante.
Start / stop	Este comando hace que el contador funcione como un cronómetro.
Resetear	El comando Reset re-inicializa el contador de nuevo a 0.
Memoria	El comando Memoria se usa para mostrar en el display el tiempo de la barrera "A" cuando las dos barreras están en uso al mismo tiempo.

LAS BARRERAS FOTOELÉCTRICAS

Una barrera fotoeléctrica usa un haz invisible de luz infrarroja para su funcionamiento; cuando el haz está ininterrumpido, el LED que incorpora, es de color verde y cuando está interrumpido pasa a color rojo. Esto puede facilitar el alineamiento de la barrera con el objeto que pasa a través de ellas. Se recomienda siempre hacer un chequeo de funcionamiento para cada experimento con el fin de asegurarnos que la barrera fotoeléctrica está alineada de manera correcta con el objeto en movimiento.

El sistema de fijación adherido a la barrera permite que éstas puedan ser usadas con otros elementos e instrumentos para estudiar los fundamentos de la física de forma práctica. Se incluye también una varilla que se puede sujetar al exterior de la barrera fotoeléctrica de manera que las varillas soporte tradicionales también puedan ser usadas.

MODOS DE FUNCIONAMIENTO

1. Modo Intervalo

a) Con una sola Barrera

Cuando miramos de frente el contador, la toma de conexión de teléfono que aparece a la derecha representa la barrera fotoeléctrica "A", mientras que la conexión de la izquierda es la barrera "B". Cuando un haz entre los brazos de la barrera fotoeléctrica se "rompe", el contador comienza a contar hasta que el haz es reestablecido de nuevo. El tiempo que el haz se encuentra "roto" aparece en el display con el siguiente formato:

A = 0,0402 seg.

b) Cómo usar dos barreras fotoeléctricas

Asegúrese siempre que la barrera fotoeléctrica "A" es la primera puerta que tiene su haz interrumpido al efectuar algún experimento.

Cuando las dos barreras han sido “roto”, en el display del contador aparecerán los datos con el formato siguiente, por ejemplo:

B = 0,0604 seg.

Esto significa que la barrera fotoeléctrica “B” ha sido interrumpida durante 0,0604 seg.

A -> B 1,9103 seg.

Esto significa que la diferencia de tiempo entre el comienzo de la interrupción de la barrera “A” y el comienzo de interrupción de la barrera “B” ha sido de 1,9103 seg.

Cuando el botón de Memoria está presionado, el contador mostrará en el display el tiempo que la barrera “A” fue interrumpida, por ejemplo:

Backup Value

A = 0,0904 seg.

Esto significa que la barrera fotoeléctrica “A” fue interrumpida durante 0,0904 seg.

c) Medidas de velocidad y aceleración

Para medir la velocidad de un objeto usando una de las barreras fotoeléctricas, se necesita conocer la longitud del objeto que va a pasar por la barrera y el tiempo que el objeto tarda en pasar a través del haz de la barrera. La velocidad se calculará mediante la fórmula:

$$\text{Velocidad} = \text{Longitud} / \text{tiempo}$$

Para medir la aceleración de un objeto usando las dos barreras fotoeléctricas, se necesita conocer el tiempo que cada barrera es interrumpida así como la longitud del objeto que causa dicha interrupción. La velocidad inicial y final, velocidad en la barrea “A” y en la barrera “B” respectivamente, se pueden calcular como se ha indicado en el párrafo anterior. La aceleración se calculará mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Aceleración} = (\text{Velocidad B} - \text{Velocidad A}) / \text{Tiempo}$$

El tiempo para la fórmula de la aceleración aparecerá en el contador como A -> B

2. Modo Frecuencia

El contador puede medir la frecuencia de cualquier objeto que regularmente pase a través del haz de luz de la barrera fotoeléctrica.

Algunas aplicaciones que resultan muy útiles son:

- La velocidad angular de un engranaje que gira
- La frecuencia de una cuerda que se encuentra vibrando

3. Modo Periodo

El modo periodo mide en segundos y puede ser usado bien con la barrera fotoeléctrica “A” o con la “B”. El periodo se actualiza en cada ciclo, lo que significa que los haces de las barreras fotoeléctricas necesitan ser interrumpidos hasta 3 veces para que se pueda visualizar una lectura en el display. Esto es debido a que el contador toma, como media, más de dos periodos antes de actualizar el valor indicado en el display.

Periodo de un Péndulo

Cuando usamos el contador para determinar el periodo de un péndulo necesitamos colocar la barrera fotoeléctrica en el punto más bajo del arco y hacer ajustes para que la bola del péndulo atraviese el haz de la barrea. Una vez que el péndulo pasa a través de la barrera fotoeléctrica, al menos 3 veces, el contador mostrará en el display el tiempo que representa la mitad del periodo. Por ejemplo, si el péndulo se balancea a través de la barrera fotoeléctrica 3 veces y el contador indica:

A = 2.500 seg. El periodo del péndulo es de 5 seg.

4. Modo Cronómetro

En este modo de operación, el contador actúa como si de un cronómetro se tratase.

5. Modo Contador

El modo contador recoge y almacena el dato del número de veces que el haz de la barrera fotoeléctrica es interrumpido. Existen dos contadores independientes, el "A" y el "B".

RESOLUCIÓN DE INCIDENCIAS

Las incidencias más comunes que pudren surgir durante el uso de este aparato, viene resumidas en la siguiente tabla:

Incidencia	Solución
El indicador LED de las barreras fotoeléctricas no luce.	Revise que los cables están conectados correctamente y que el interruptor de encendido está conectado. Revise además la pila.
El indicador LED de las barreras fotoeléctricas cambia de color pero el display no lo hace.	Revise si la pila está gastada o utilice el adaptador a red eléctrica.
El display no cambia o refleja valores incorrectos. para cada barrera fotoeléctrica.	El display no cambia o refleja valores incorrectos. Asegúrese que los indicadores de luz no están dañados y que el indicador de la luz está en "verde" para cada barrera fotoeléctrica.

GUÍA DE MONTAJES

A continuación se detallan los montajes más complejos e importantes del equipo, el resto de montajes quedan suficientemente detallados en la guía del alumno.

MONTAJE DEL PLANO INCLINADO

CARRITO DE DESPLAZAMIENTO

PALANCA DIDÁCTICA (OBSERVACIONES)

SOPORTE PARA PERFILES

CAIDA LIBRE

SISTEMA DE TORSIÓN

BARRERAS FOTOELÉCTRICAS SOBRE PERFILES



MONTAJE DEL PLANO INCLINADO

25) Fijador de inclinación

Realice el montaje de la [figura 1] e inserte la pieza 2 por la ranura de arriba, tal y como se indica en la figura.

Utilice:

2) Base soporte

45) Perfil multiusos

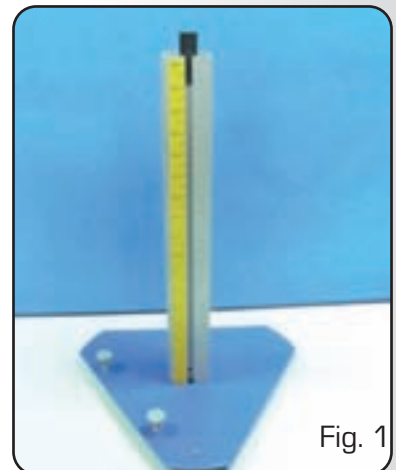
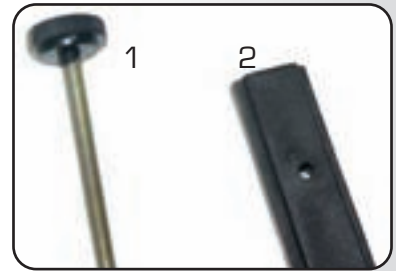


Fig. 1

Inserte la pieza 1 en el orificio del

46) Perfil largo

Tal y como aparece en la [figura 2].



Fig. 2

Acople los dos montajes anteriores, figuras 1 y 2, fijando la inclinación deseada. [figura 3]

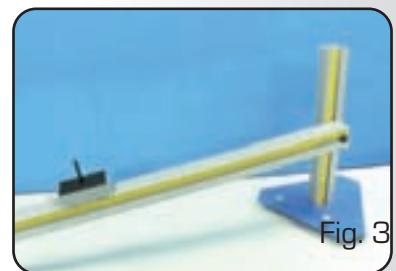
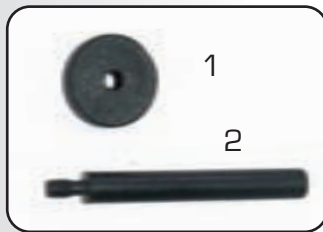


Fig. 3

ITEM 13) CARRITO DE DESPLAZAMIENTO**Portapesas en carrito**

- 1.- Desenrosque la pieza (1) de la (2)
- 2.- coloque la pieza (1) por la parte inferior del carro y rosque la varilla (2) por la parte superior.

Para-golpes en carrito

- 1.- Desenrosque la tuerca del para-golpe.



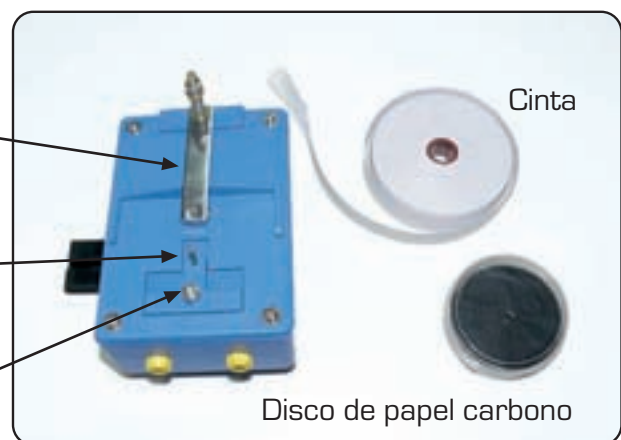
- 2.- Inserte el para-golpe en el orificio lateral del carrito.

ITEM 18: Cronovibrador**Item 22: Discos de papel de carbono para cronovibrador****Item 51: Cinta para el cronovibrador**

Puntero marcador

Fijador disco

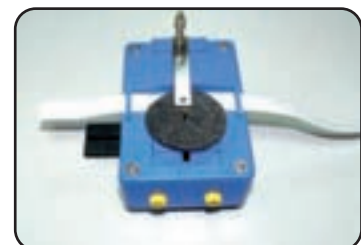
Ajustador del disco al puntero



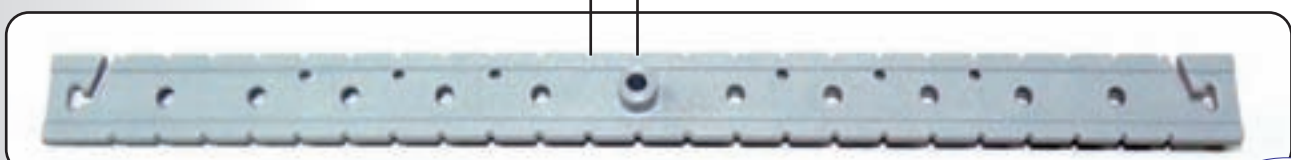
Cinta

Disco de papel carbono

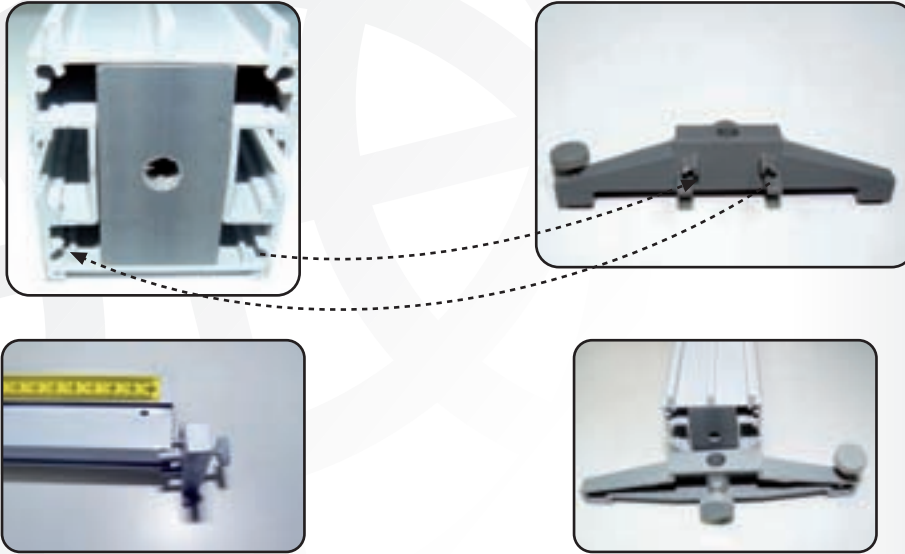
- 1.- Introduzca la cinta por la ranura indicada por debajo del puntero
- 2.- Coloque el disco sobre su soporte, por encima de la cinta y debajo del puntero
- 3.- Conecte a la fuente de alimentación 6V CA

**ITEM 40: Palanca Didáctica**

Entre marcas exteriores 1 cm.



ITEM 54: Soporte para perfiles (45 y 46)



MONTAJE CAÍDA LIBRE

Ítem 2: Base soporte

Ítem 46) Perfil

Ítem 23) Electroimán

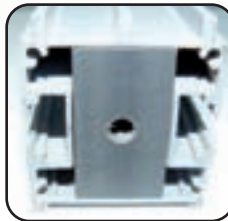
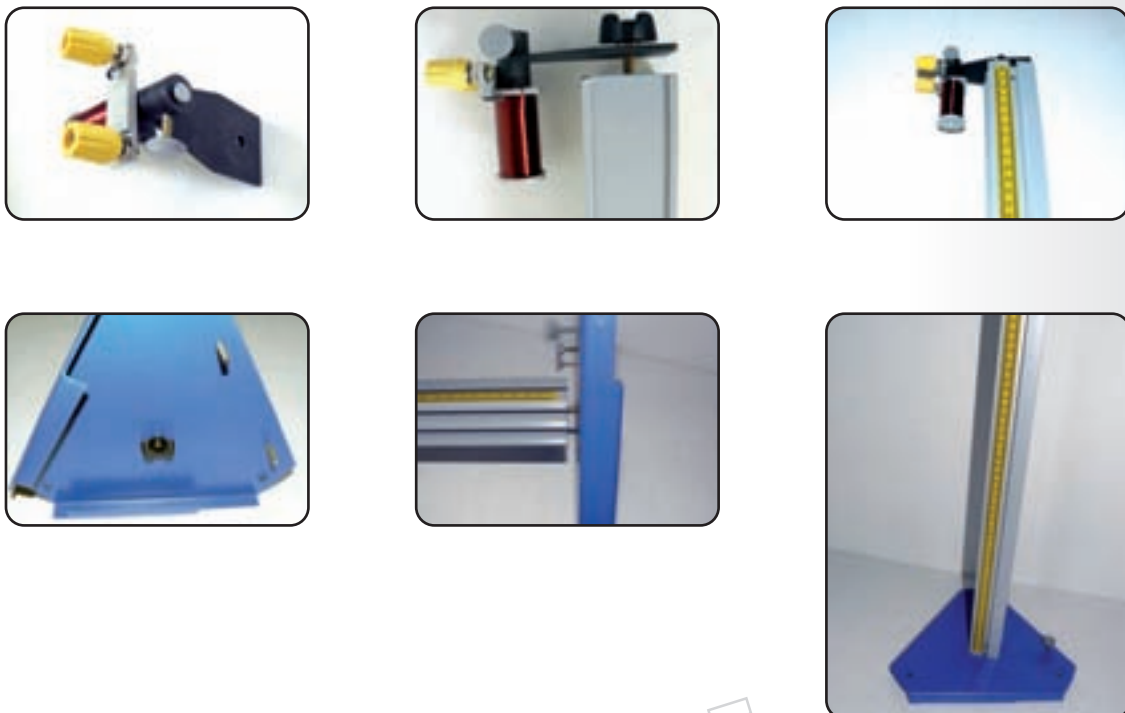


Figura 1

El perfil (46) cuenta con dos roscas en sus extremos fig. 1, colocar el electroimán (23) en un extremo y la base soporte (2) en el otro



MONTAJE SISTEMA TORSIÓN

Realice el montaje de la figuras, con el siguiente material:

Figura 1:

Ítem 37: Nuez sin varilla (2)

Ítem 39: Nuez Torsión

Ítem 56: Soporte Torsión

Figura 2:

Ítem 1: Alambre torsión

Ítem 2: Base soporte triangular

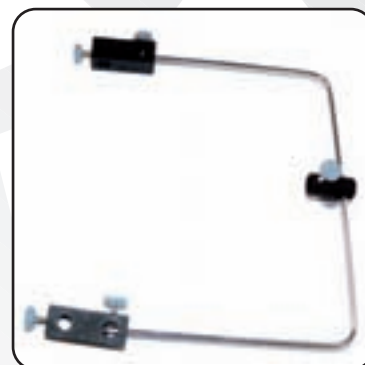
Ítem 52) Sistema de rotación

Ítem 63: Varilla larga (2)

Ítem 65) Varilla pequeña (1)

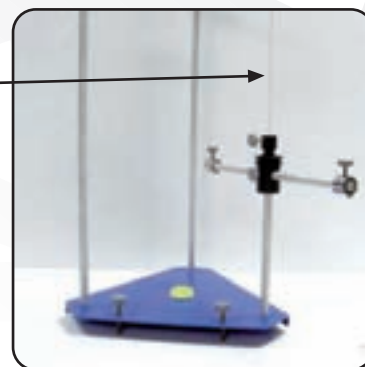
Ítem 36) Nivel de burbuja

Fig. 1



Alambre de torsión

Fig. 2



Figuras 3 y 4

Sistema de rotación completo

Acople el montaje de la figura 1 sobre el de la figura 2.



Fig. 3

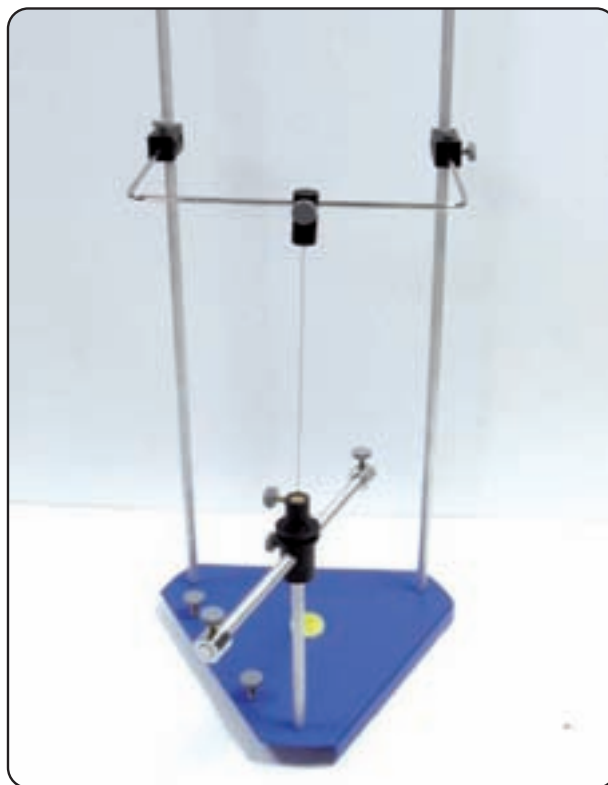


Fig. 4

MONTAJE BARRERAS FOTOELÉCTRICAS SOBRE PERFIL

- Ítem 24) Fijador de Barreas
- Ítem 17) Barreas fotoeléctricas
- Ítem 46) Perfil largo
- Ítem 55) Soporte de Barreras



Fig. 1



Fig. 2



Fig. 3



Fig. 4

- 1º) Roscar las varillas de los soportes de barreras en los fijadores (figura 1)
- 2º) Introducir los soportes de barreras en el perfil por uno de sus extremos (figura 2)
- 3º) Roscar la pinza de los soportes de barreas en las barreas (figura 3)
- 4º) Introducir la pinza en la varilla y fijar la altura requerida apretando el tornillo (figura 4)
- 5º) Si fuese necesario fijar la posición de la barrera al perfil con el tornillo del fijador de barreras.



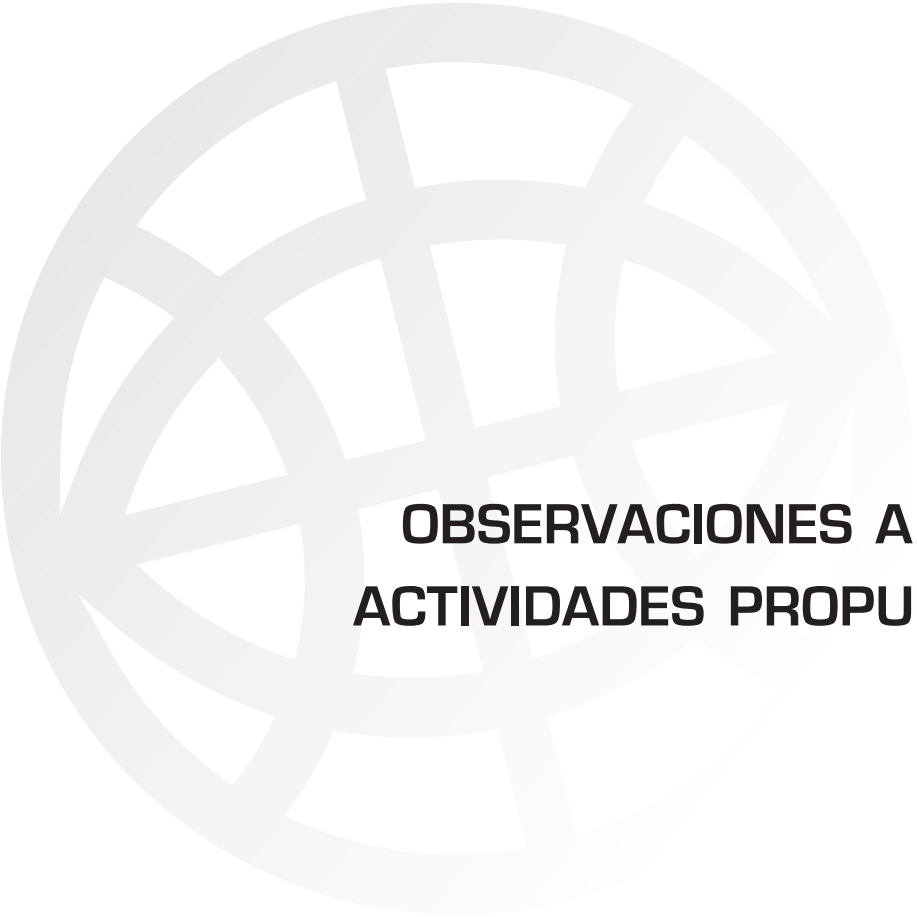
equipo

40 multec

DE

MECÁNICA





OBSERVACIONES A LAS ACTIVIDADES PROPUESTAS



equipo

42 multec

DE

MECÁNICA





MEDIDAS DE MAGNITUDES FÍSICAS

Actividades 1, 2 y 4.



equipo

44 multec

DE

MECÁNICA



ACTIVIDADES 1 y 2:**MEDIDA DE MAGNITUDES FÍSICAS.****LIMITES DE ERROR.****MEDIDAS CON EL CALIBRE****INTRODUCCIÓN:**

Las medidas que hemos de realizar en el laboratorio se reducen, la mayoría de las veces, a observar la relación que existe entre una cantidad y otra que se toma como referencia.

Los instrumentos empleados para ello varían según sean las longitudes que se han de medir y la precisión buscada. En los casos más simples se hace uso de las reglas graduadas que permiten una precisión del orden del milímetro o del medio milímetro. Para obtener precisiones superiores se recurre a instrumentos especiales, unos fundados en el nonius [calibrador, catetómetro, etc.], otros en el tornillo micrométrico [palmer, esferómetro, etcétera.].

Magnitud física es una cualidad común a varios objetos que admiten comparación y que puede ser medida. Para medir cantidades de una magnitud física es necesario elegir una como unidad, es decir, como base de comparación. Existen, pues, unidades fundamentales y derivadas.

Un conjunto de magnitudes y unidades fundamentales y otras derivadas constituye un sistema de unidades. El sistema adoptado actualmente es el Sistema Internacional, en el cual se eligen como magnitudes fundamentales la longitud, la masa y el tiempo. Sus unidades fundamentales son el metro, el kilogramo y el segundo, respectivamente. Existen otras magnitudes fundamentales: la temperatura absoluta, la intensidad corriente, la intensidad luminosa y el mol.

Existen numerosas causas de error en las medidas, unas debidas a la imperfección del aparato y otras debidas al observador. El error disminuye si se repite varias veces la medida y se toma como valor más probable la media aritmética de los valores obtenidos, ya que las medidas son siempre aproximadas. Se tomará como límite de error absoluto el límite de apreciación del aparato (división más pequeña) si las derivaciones de todos los valores respecto al valor medio (diferencias entre cada medida y el valor medio, en valor absoluto) no superan a dicho límite de apreciación. En caso contrario, se tomará la desviación media (suma de todas las desviaciones y división por el número de ellas).

El calibrador o pie de rey, es un aparato destinado a la medida de pequeñas longitudes o espesores, profundidades y diámetros interiores de piezas mecánicas y otros objetos pequeños.

Consta de una regla fija, con escala graduada, generalmente en milímetros, a lo largo de la cual se puede deslizar otra escala móvil o nonius.

El nonius está dividido en n divisiones, equivalentes a $n-1$ unidades de la escala fija.

El cualquier posición del nonius, la medida será el número de milímetros enteros de la regla que procedan al cero del nonius más tantas décimas de milímetro cuantas marque la división del nonius que coincida con una división de la regla.

El calibrador permite medir pequeñas longitudes con la aproximación que indique su precisión.

En el apéndice se explica el funcionamiento del palmer y del esferómetro, instrumentos más precisos para la medida de pequeños espesores.

OBJETIVOS:

En todas las actividades propuestas se pretende alcanzar los siguientes objetivos:

- 1.- Medir la distancia entre dos puntos con varios aparatos de medida, efectuando varias medidas y hallando el valor medio.
- 2.- Expresar correctamente los resultados obtenidos, indicando su incertidumbre o límite de error absoluto.
- 3.- Determinar la precisión y error de cero de un calibrador o pie de rey.
- 4.- Medir el diámetro de una esfera metálica y calcular su superficie y su volumen.
- 5.- Medir las dimensiones de un bloque metálico.
- 6.- Realizar medidas indirectas, determinando el límite de error correspondiente.

OBSERVACIONES EN LA MEDIDA DE LONGITUDES:**A) CON EL FLEXÓMETRO**

En las medidas realizadas con la regla metálica podrían obtenerse los siguientes valores:

20,3 cm., 20,4 cm., 20,5 cm., 20,4 cm. cuyo valor medio es 20,4 cm. El límite de error absoluto sería $\pm 0,1$ cm.

La medida expresada correctamente sería:

$$(20,4 \pm 0,1 \text{ cm.})$$

lo que indica que el valor exacto de la medida está comprendido entre 20,3 cm. y 20,5 cm.

Si se obtuviesen los mismos resultados con el metro de hule, la medida expresada en milímetros sería (204 ± 1) mm.

Si se mide la anchura de la cuartilla y la distancia de la Luna con aparatos que aprecian el milímetro, resulta evidente que será más precisa [mejor hecha] la segunda. Para comparar medidas, a fin de conocer la mejor realizada, se recurre al límite de error relativo que es el cociente entre el límite de error absoluto y el valor medio. Por ejemplo, si el valor medio de la anchura de la cuartilla es de 150 mm. y la distancia a la Luna 400.000 km., los límites de error relativo serán:

$1/150 = 0,006 = 0,6\%$ para la anchura de la cuartilla y 250 millonésimas para la distancia a la Luna [más precisa].

B) CON EL CALIBRADOR

Al hallar la precisión de calibre, aplicando $P=D/n$ se obtiene 0,1 mm. para $D=1$ mm. y $n = 10$ partes.

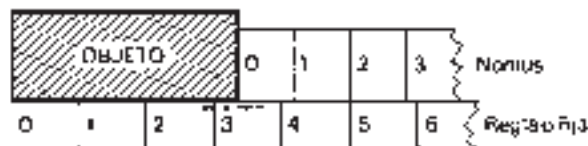
Si el nonius estuviese dividido en 40 partes, la precisión sería 0,025 mm. [para $D = 1$ mm.] y si la escala móvil está dividida en 20 partes la precisión será de 0,05 mm.

La medida de un espesor será $R + N.P.$, siendo R el número de divisiones de la escala fija hasta el cero de la escala móvil. N, la división del nonius que coincide con otra de la escala fija, y P, la precisión del aparato.

A continuación se expone el principio del nonius:

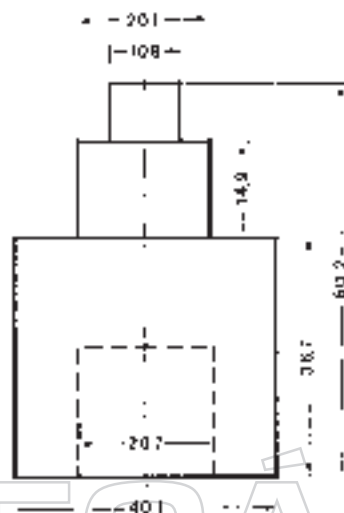
Observar la coincidencia de 5 D con 2 d. El objeto mide $3D+X$, siendo $X=2D-2d$ y

$$d = \frac{N-1}{n} D$$



A modo de ejemplo orientativo, a continuación se expone el croquis de una pieza, señalando en él todas sus dimensiones obtenidas mediante el calibre. Para ello, se han realizado unas cinco medidas para cada longitud y se ha tomado el valor medio. Los resultados que se exponen se han obtenido con un calibre de precisión 0,05 mm. y sin tener error de cero. Las medidas están expresadas en milímetros y el volumen de la pieza es:

$$V=45.124'3\text{mm}^3$$



ACTIVIDAD 3:**MEDIDA DE TIEMPOS CON EL CONTADOR DIGITAL CON BARRERAS**

Mirar el apartado anterior referente al Contador Digital con Barreiras.

ACTIVIDAD 4:**MEDIDAS DE MASAS, VOLÚMENES Y DENSIDADES****A. MASA**

Cuando se miden masas con la balanza de dos platillos se pueden seguir tres métodos de pesada:

1. Simple pesada o pesada directa. Se coloca el cuerpo en un platillo y se equilibra la balanza añadiendo pesas en el otro platillo. Para mayor exactitud hay que tratar de eliminar los errores debidos a la desigualdad en la longitud de los brazos de la balanza. Para ello se emplean otros métodos, como los siguientes:

2. Doble pesada. Pesar el cuerpo en el platillo de la izquierda y se equilibra la balanza con pesas, colocadas en el otro platillo. En la segunda pesada, el cuerpo se coloca en el otro platillo de la derecha, y se vuelve a equilibrar. Si los brazos de la balanza fueran exactamente iguales, las dos cantidades obtenidas serían iguales. Pero si éstas son algo diferentes, se toma la media aritmética.

3. Método de la carga constante. Se coloca una tara o carga constante en el platillo de la izquierda. La tara debe ser de masa superior a la del cuerpo. Se sitúa éste en el otro platillo y en él se van añadiendo pesas hasta el equilibrio. Después, sin quitar la tara, se retira el cuerpo y las pesas y se vuelve a equilibrar. La masa del cuerpo será la diferencia entre la masa de las últimas pesas y de las iniciales. Este método es el más utilizado en el laboratorio, sobre todo con balanzas de precisión.

Es frecuente utilizar balanzas muy poco amortiguadas, en las que el fiel tarda mucho tiempo en alcanzar su posición final de reposo. En este caso, se determina el cero de la balanza, que es la división que marca el fiel, cuando, disparada en blanco, se fija, tras oscilar, sobre la escala central.

Existen balanzas simples (granatarios) que pueden ser de doble platillo y de vigas, y otras más complicadas, como las de precisión y las digitales.

La sensibilidad de una balanza analógica es la desviación del cero de la escala por unidad de sobrecarga. Se determina contando las graduaciones que marca el fiel en la escala, respecto al

cero, al situar en uno de los platillos una unidad de masa, por ejemplo, 1 mg. Viene dada en divisiones por miligramo. El límite de apreciación de la balanza es la masa que es capaz de producir sensibilidad apreciable.

B. VOLUMEN

Al medir volúmenes con la probeta se debe evitar el error de paralaje.

Para evitar el error de paralaje debe realizarse la lectura del nivel de agua a la altura del menisco, anotando la graduación tangente al menisco.

Para llenar la probeta hasta 50 cc. de su capacidad, echar agua hasta cerca de los 50 cc y añadir pequeñas cantidades hasta que el menisco quede tangente a la graduación fijada.

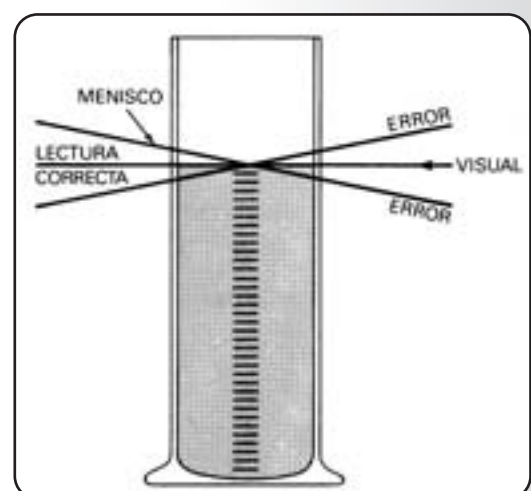
Antes de medir con la probeta los alumnos deben estudiar la escala de la misma, observando sus graduaciones y viendo que hay más divisiones que números grabados. Que calculen el valor de cada división.

Cuando introduzcan el agua deben enrasar evitando el error de paralaje como hemos indicado.

La experiencia de volúmenes de sólidos está limitada a sólidos insolubles en agua y más densos que ella, y que quepan en la probeta.

El alumno debe repetir la medida para evitar errores y hallar la media aritmética.

Si el sólido flota en el agua se puede unir a un sólido que no flote y determinar el volumen del conjunto. Luego, por diferencia, se halla el volumen del cuerpo que flota.



APLICACIONES:

Hallar el volumen de algunas porciones de líquidos con otros aparatos medidores: pipetas, jeringas, etc.

Medir el volumen de aire que hay en una habitación.

Dibujar un cuadro de datos donde se reflejen las dimensiones en metros de las habitaciones de la casa del alumno y sus volúmenes respectivos.

Hallar las masas de diferentes cuerpos: tuercas, tornillos, etc. :

Realizar también la pesada de unos gramos de sal común, situándolos en un trozo de papel, previamente pesado.

Pasar también unos mililitros de agua en un tubo de ensayo. Para ello, utilizar el portatubos adaptado al estribo. Pesar previamente el tubo de ensayo.

Supongamos que al medir el volumen del bloque metálico se obtienen los siguientes resultados:

En la medida de la masa:

Volumen del sólido	Cota de error absoluto	Expresión correcta del volumen	Cota de error relativo
V=51 cm ³	1 cm ³	(51±1)cm ³	aprox. 2%

masa	Cota de error absoluto	Masa correcta	Cota de error relativo
139,5 g.	0,1 g.	(139,5±0,1)g.	aprox 0,1 %

donde hemos tomado como imprecisión absoluta el límite de apreciación de cada aparato. En el caso de la probeta, la división más pequeña, y en la balanza una unidad del orden de la última cifra que representa la cantidad medida.

La densidad del bloque será: $d=2,73 \text{ g/cm}^3$.

La imprecisión absoluta que se calcula así:

$$\frac{\Delta d}{d} = \frac{\Delta m}{m} + \frac{\Delta V}{V} = \frac{0,1}{139,5} + \frac{1}{5} = 0,021 = 2,1\%$$

$$\Delta d = (2,73 \pm 0,02) \text{ g/cm}^3.$$

C EXPERIENCIA ADICIONAL: MEDIDA DE SUPERFICIES

A continuación se expone una experiencia sobre medidas indirectas. Es el caso de la medida de superficies regulares. Se puede calcular geométricamente la superficie de una figura regular. Por ejemplo, en el caso de un rectángulo multiplicando sus dos dimensiones, en el caso de un triángulo como base por altura partido por dos, en el de un círculo como el producto del número (π) por el cuadrado del radio, etc.

Primero se medirían las dimensiones correspondientes, afectadas de sus imprecisiones o errores absolutos, y, después, se calcularía la superficie, expresándola con su correspondiente error ó imprecisión.

Por ejemplo, si se trata de superficie rectangular, el área de ésta vendrá dada por el producto de sus dos dimensiones: $S=a \cdot b$.

donde: a y b tienen una imprecisión absoluta Δa e Δb

La relación entre los errores relativos será: $e_s = e_a + e_b$

o lo que es lo mismo:

$$\frac{\Delta s}{s} = \frac{\Delta a}{a} + \frac{\Delta b}{b}$$

de donde se puede determinar la imprecisión absoluta de la superficie y expresar ésta correctamente: $S \pm \Delta S$.

Para medir directamente la superficie de una figura, se coloca sobre papel milimetrado y se cuentan, las cuadrículas completas que quedan dentro del contorno de la figura. Se añaden los cuadrillos más pequeños que existen dentro del contorno completando con ellos cuadrículas completas o contándolos para añadirlos en sus unidades correspondientes. Se obtiene así una medida aproximada de la superficie.

El papel milimetrado es un papel cuadrículado en el que cada cuadrícula es un milímetro cuadrado. Suele tener rayas más gruesas cada diez milímetros, es decir, cada centímetro.

La imprecisión absoluta o límite de error absoluto de la medida de la superficie viene dada por los cuadrillos más pequeños contados, es decir por mm^2 ó medios mm^2 si se aprecian.

CUESTIONARIO:

1. ¿Cuánto mide la superficie de un paralelo gramó rectángulo de dimensiones 8 cm. x 6 cm.? Expresar el resultado en m².

$$S = 48 \text{ cm}^2 = 0,0048 \text{ m}^2 = 48 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2.$$

2. Y la superficie de un triángulo rectángulo cuyos catetos miden 3 cm. y 4 cm. ¿Cuál es el valor de la hipotenusa?

$$S = \frac{3 \text{ cm.} \times 4 \text{ cm.}}{2} = 6 \text{ cm}^2.$$

$$h = \sqrt{3^2 + 4^2} = 5 \text{ cm.}$$

3. ¿Y la de un círculo de 2 cm. de radio?

$$S = \pi r^2 = 3,14 \times 2^2 = 12,56 \text{ cm}^2.$$

4. Al medir la superficie de las figuras propuestas en la actividad, sobre el papel milimetrado, ¿qué límite de error absoluto se comete?

El de la cuadrícula más pequeña apreciable, es decir, $\pm 1 \text{ mm}^2$, o una parte de éste si se aprecia.

APLICACIONES:

1. Medir la superficie de una figura plana de contorno irregular (por ejemplo, de una plantilla) de la forma siguiente:

Pesar una hoja de cartulina de superficie conocida y anotar m_s y s_v .

Trazar, sobre la cartulina, el contorno de la superficie problema. Recortar esta superficie y pesarla m_2 .

$$\frac{m_1}{m_2} = \frac{s_1}{x}, \text{ despejar } x.$$

Calcular la superficie problema mediante la relación:

2. Medir la superficie lateral de un cilindro, dibujando su desarrollo y multiplicando el ancho de éste (longitud de la circunferencia de la base) por su largo (altura).

3. Acotar un trozo rectangular del suelo y medir su superficie de forma indirecta, es decir, por el producto de sus dimensiones. Con esta unidad, medir el suelo de la habitación. Estimar, sin hacer medidas, la superficie de un recinto y después comprobar la apreciación con el resultado de las medidas.

Dibujar un croquis del recinto a mano alzada y anotar las cotas de sus dimensiones. Hacer un dibujo a escala. La escala es la relación que existe entre la unidad que se toma para dibujar y la unidad real. Por ejemplo, utilizarla escala 1:1.000, u otra.



ESTUDIO DE MOVIMIENTOS RECTILÍNEOS.

CAÍDA LIBRE

Actividades 5.1, 5.2, 6.1, 6.2, 6.3 y 6.4



ESTUDIO DE MOVIMIENTOS RECTILÍNEOS**FUNDAMENTOS TEÓRICOS:**

Un cuerpo realiza movimiento rectilíneo uniforme cuando no cambia su velocidad, ni el sentido de movimiento. Sobre un cuerpo que posee este movimiento no actúa ninguna fuerza externa. Los objetivos al estudiar experimentalmente este movimiento, son lograr el montaje para que el móvil al deslizarse por el plano posea velocidad constante y obtener medidas de la velocidad; al mismo tiempo se ejercita al alumno en la confección de gráficas que ayuden a analizar los resultados experimentales.

Para describir el movimiento rectilíneo uniformemente acelerado de un cuerpo, no basta con conocer la velocidad, sino también su variación, es decir, la aceleración. Se trata de investigar cómo varía la aceleración para comprobar si es constante durante el recorrido.

OBSERVACIONES:**A. MOVIMIENTO UNIFORME:**

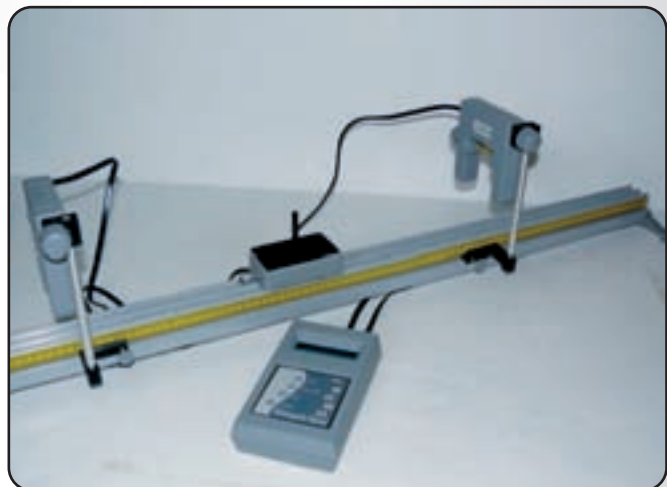
Para que un cuerpo se deslice con movimiento rectilíneo uniforme es necesario reducir al mínimo las fuerzas de rozamiento, para lo cual el plano sobre el que se desliza el móvil debe inclinarse ligeramente. Es conveniente, por tanto, ensayar varias veces hasta conseguirlo.

En el caso del movimiento rectilíneo uniforme la inclinación del plano ha de ser muy pequeña. Ensayar para conseguir un movimiento lento del móvil, para mayor facilidad a la hora de cronometrar el tiempo, aunque con el dispositivo de barreras fotoeléctricas y cronómetro digital electrónico el problema no es tan grave.

La mejor disposición para realizar la experiencia es situando el plano de manera que el movimiento se produzca de izquierda a derecha, comprobar el correcto funcionamiento de las barreras con el paso del carrito, para ello verifique que el LED de las barreras pasa de color verde a rojo, para ello ajuste la altura de las barreras si fuese necesario, coloque adecuadamente la posición de las barreras en la escala del plano. También puede utilizar una bola en uno de los dos carriles del perfil para realizar la experiencia.

Al medir el tiempo que tarda el móvil en recorrer un determinado espacio, es conveniente repetir la medida varias veces y tomar el valor medio como el más probable del tiempo invertido.

Es conveniente también tomar iguales las diferencias o incrementos entre cada dos espacios a recorrer.



En la tabla siguiente se indican una serie de resultados hipotéticos para un movimiento rectilíneo:

MEDIDAS	e(cm)	t(s)	e/t (cm/s)
1 ^a	10	1,2	8,3
2 ^a	20	2,4	8,3
3 ^a	30	3,6	8,3
4 ^a	40	4,7	8,5

Los cocientes obtenidos son aproximadamente iguales, su valor medio es la velocidad media del móvil.

$$V_m = 8,3 \text{ cm/s}$$

Si se realiza la experiencia del movimiento rectilíneo uniforme con el motor-reductor [32], poner éste al mínimo de revoluciones. Se le da una vuelta al hilo alrededor de la polea mayor, situada en el eje del motor, y se deja caer el extremo del hilo colgando un portapesas con alguna pesa para tensarlo. Se sitúa el carrito, atando el otro extremo del hilo a su gancho a la izquierda de la primera célula, y se revoluciona un poco el motor con el mando del potenciómetro. Se deja caer el carrito y se mide la distancia entre células. Después se hacen otras medidas para distancias cada vez mayores. E incluso se puede utilizar otra polea del eje del motor.

GRÁFICAS:

Al representar gráficamente $e=f(t)$ se obtiene una recta de ecuación $e=8,3 \cdot t$, donde el valor de la constante de proporcionalidad es la velocidad del móvil (pendiente de la recta obtenida).

La línea recta obtenida en esta gráfica pasa por el centro de coordenadas, pues se considera que el móvil comienza el recorrido cuando se dispara el cronómetro.

Si hubiese un recorrido previo o espacio inicial, la línea recta sería paralela a la anterior (igual inclinación) y pasaría por un punto de ordenada no nulo.

A mayor pendiente de la recta, mayor será la velocidad del móvil.

Si dos gráficas pasaran por el centro de coordenadas con diferente inclinación, los movimientos rectilíneos uniformes serían de diferente velocidad.

Si dos gráficas se cortan, el punto de intersección correspondería al lugar y tiempo en que se encuentran los dos móviles que siguen la misma trayectoria.

A partir de la gráfica se puede determinar la velocidad del móvil (su módulo) sin más que dividir una ordenada por una abscisa, es decir, un espacio por su correspondiente tiempo.

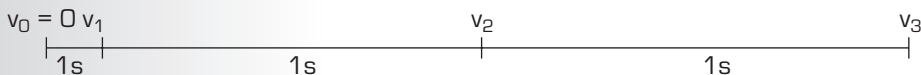
El espacio recorrido por el móvil en un tiempo dado, se puede determinar interpolando en la gráfica. Por ejemplo, para $t = 3 \text{ s.}$, el espacio recorrido se obtiene buscando la ordenada que corresponde a ese espacio $e=24,9 \text{ cm.}$

También se puede determinar un tiempo, conocido el espacio. Por ejemplo, para un espacio de 35 cm. el tiempo empleado será de $4,2 \text{ s.}$

B. MOVIMIENTOS UNIFORMEMENTE ACCELERADOS:

Cuando se determina la aceleración de un carrito, que se desplaza por efecto de una fuerza constante, se observa también su constancia. Se trata, pues, de un movimiento uniformemente acelerado. Sujetar el carrito antes de iniciar el movimiento y soltarlo en el extremo más elevado del plano.

Otra forma de determinar la aceleración del carrito es hallando el espacio recorrido por el carrito durante cada segundo, realizando cuatro medidas y hallando el valor medio.



Se anota la velocidad media para cada segundo, será la misma cantidad que el espacio, pero expresada en cm/s.

Conocida la velocidad instantánea media se calcula la velocidad instantánea tras cada segundo, teniendo en cuenta que el móvil parte del reposo ($v_0=0$). Por ejemplo, si la velocidad media del carrito durante el primer segundo es de 5 cm/s. , la velocidad final al cabo del primer segundo se determina por:

$$5 = \frac{0 + V_1}{2} ; \quad V_1 = 10 \text{ cm/s.}$$

Después de calcular las velocidades instantáneas se determina la aceleración del carrito. Téngase en cuenta que la aceleración es la variación de la velocidad en la unidad de tiempo. Por lo tanto, la diferencia entre cada dos velocidades debe resultar aproximadamente constante (si es necesario, hallar el valor medio), por tratarse de un movimiento uniformemente acelerado.

En la tabla siguiente se expresan unos valores posibles, para una aceleración de 10 cm/s^2 .

TIEMPO	ESPA- CIOS (cm)	ESPACIO (cm) VALOR MEDIO	VELO- CIDAD MEDIA (cm/s)	VELO- CIDAD FINAL (cm/s)	INCRE- MENTOS DE VELO CIDAD
PRIMER SEGUNDO	5,2	5	5	$v_0=0$	$v_1-v_0=10\text{cm/s}$
	5,0				
	5,0				
	4,8				
SEGUNDO SEGUNDO	15,2	15	15	$v_2=20$	$v_2-v_1=10\text{cm/s}$
	15,1				
	14,8				
	15,0				
TERCER SEGUNDO	24,9	25	25	$v_2=30$	$v_3-v_2=10\text{cm/s}$
	25,0				
	26,1				
	25,0				
ACELERACIÓN'= 10 cm/s ²					

Al realizar el estudio de la caída libre hay que tener en cuenta el movimiento uniformemente acelerado del móvil para determinar la aceleración de la gravedad y otras magnitudes físicas dinámicas y energéticas. Las experiencias se pueden realizar teniendo en cuenta que la bola posee velocidad inicial al pasar por la primera barrera. Para que tenga velocidad inicial nula es conveniente dejar caer la bola muy próxima a la ventana de la célula fotoeléctrica.

Si se deja caer la bolita de hierro desde una altura de 1 metro respecto a la barrera de abajo, el tiempo cronometrado es de 0,450 segundos, luego la velocidad de la bolita al pasar por la barrera es de $v = 9,8 \cdot 0,450 = 4,41 \text{ m/s}$.

(tomando como gravedad $9,8 \text{ m/s}^2$).

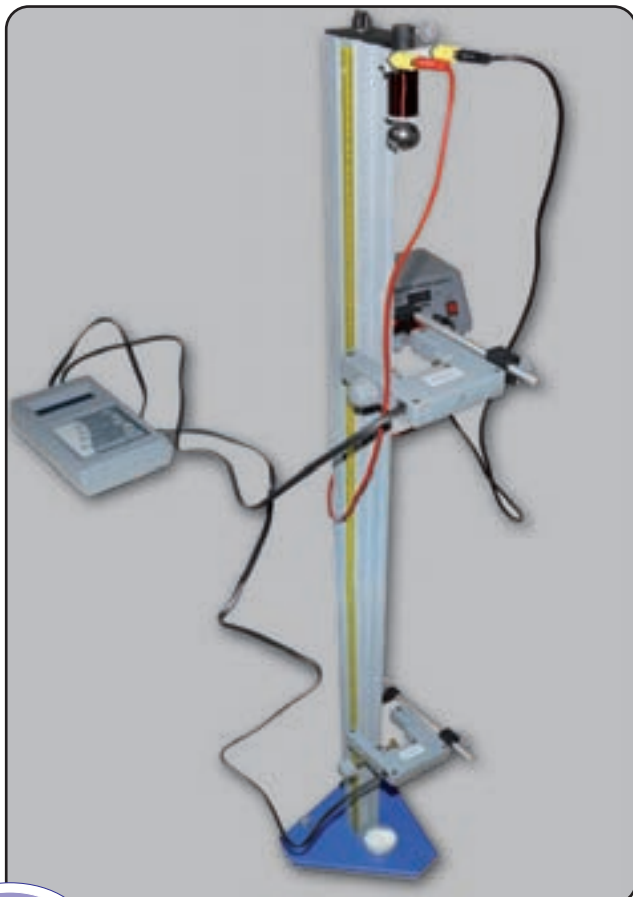
El valor teórico será:

$$v = \sqrt{2 \cdot 9,8 \cdot 1} = 4,42 \text{ m/s}$$

lo que supone un rendimiento de más del 99 %, lo que indica la gran precisión de la medida realizada.

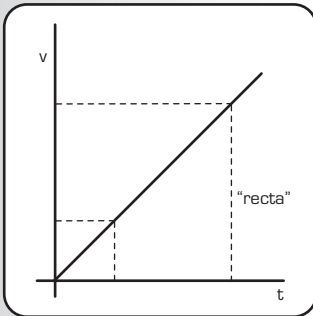
En el caso de la caída libre con máquina de Atwood, el electroimán es sustituido por la polea, cuyo vástago se introduce en el orificio del soporte del electroimán, que se encuentra fijado al extremo superior de la columna (perfil 46) mediante un tornillo. De la polea cuelgan los dos extremos del hilo, uno de ellos con una bolita más pesada, que se coloca arriba, dispuesta para pasar por las barreras, y otra de menor peso en la parte inferior, cuya trayectoria se encontrará por fuera de las barreras. Para comprobar que la bolita va a pasar por delante de las ventanas de la barrera y situarla verticalmente de manera que esté bien centrada, conseguir la verticalidad con los tornillos niveladores de la base soporte [2] y nivel de burbuja [36]. Comprobar primero que los LEDS de las barreras cambian a color rojo al dejar descender la bolita. Antes de iniciar la caída, la bola se sube hasta posiciones anteriores a la barrera superior de apertura, pudiendo estar muy próxima si así se desea. Esto se consigue acercándola y viendo si el color del LED testigo de la barreras rojo, subiéndola después un poco hasta que se apaga. Finalmente, se pone a cero el contador digital y se deja libre el hilo.

También se pueden utilizar otros montajes, poniendo abajo el electroimán y más arriba una barrera.



GRÁFICAS EN EL M. R. U. A.

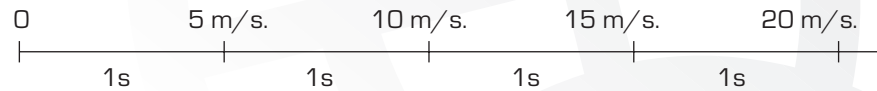
Al representar gráficamente el espacio frente al tiempo se obtiene una parábola de ecuación: $e = \frac{1}{2}at^2$



La gráfica espacio-tiempo al cuadrado es una línea recta, lo cual indica que en este movimiento el espacio es directamente proporcional al cuadrado del tiempo: $e = K \cdot t^2$.

La constante de proporcionalidad es la mitad de la aceleración y representa la pendiente de la recta: $K = a/2$

Para construir la gráfica $v=f(t)$ se parte de la aceleración conocida, por ejemplo, supongamos que 5 m/s^2 . El esquema del movimiento durante los 4 primeros segundos será:



Se halla la velocidad media de cada segundo:

1er segundo: $V_m = 2,5 \text{ m/s}$.

2º segundo: $V_m = 7,5 \text{ m/s}$.

3º segundo: $V_m = 12,5 \text{ m/s}$.

4º segundo: $V_m = 17,5 \text{ m/s}$.

Con estos datos se construye la curva, resultando una línea recta, cuya pendiente es la aceleración. Para por el centro de coordenadas, porque la velocidad es nula al comenzar a contar el tiempo.

CUESTIONARIO:

— ¿Cuáles son las posibles causas de error?

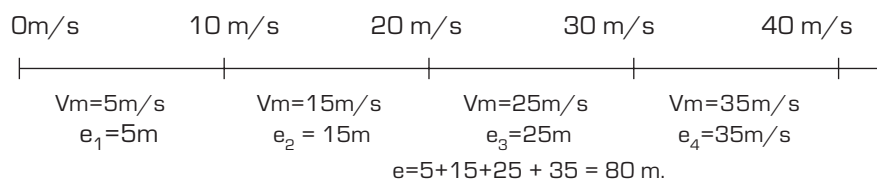
Las posibles causas de error son el rozamiento con el plano, las medidas con el cronómetro (aunque éstas presentan un límite de error absoluto de $\pm 0,001 \text{ s}$), las debidas al observador cuando tiene que medir distancias en el plano, etc.

— ¿Qué aceleración lleva un cuerpo si aumenta su velocidad uniformemente 2 m/s cada segundo? Aceleración: 2 m/s^2 .

— ¿Qué velocidad lleva un móvil a los 3 s. de recorrido si posee una aceleración de 10 m/s^2 ? Velocidad: 30 m/s .

— Si un cuerpo parte del reposo y mantiene una aceleración constante de 10 m/s^2 , en 4 s. habrá recorrido un espacio total de 80 m.

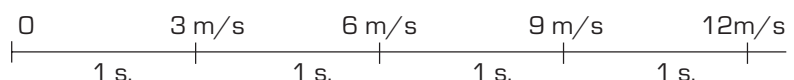
Veamos:



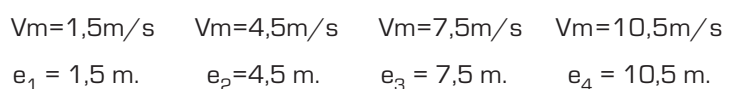
También se puede calcular aplicando las ecuaciones: $e = \frac{1}{2}at^2 = \frac{1}{2} \cdot 10 \cdot 4^2 = 80 \text{ m}$.

— Un móvil parte del reposo con una aceleración constante de 3 m/s^2 y recorre una trayectoria rectilínea. Construir la gráfica espacio-tiempo para los 4 primeros segundos de recorrido y calcular, por interpolación gráfica, el espacio que recorre a los 3,5 s. y el tiempo que tarda en recorrer 9 m.

Esquema de los 4 primeros segundos:



En total, un espacio de 24 m.



Con estos datos se puede completar la tabla siguiente y realizar las gráficas y cálculos pedidos.

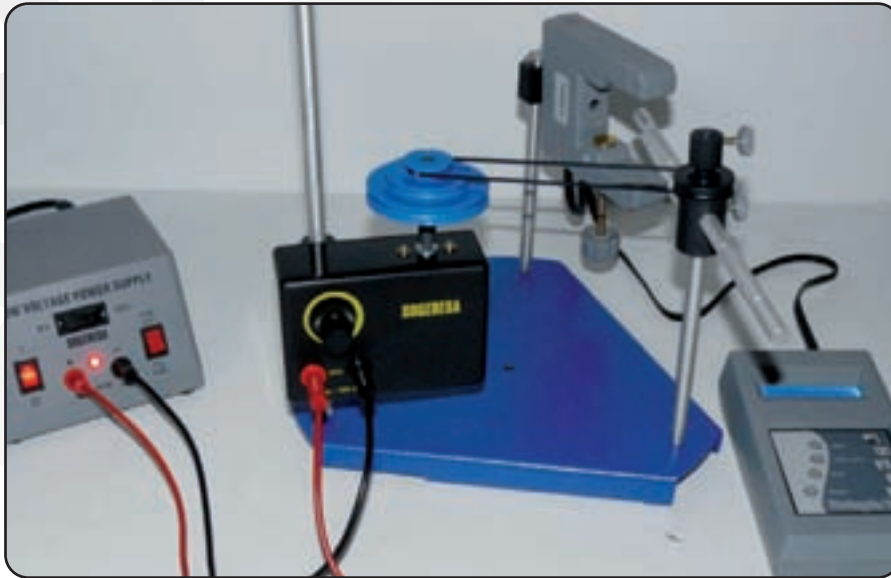
ESPACIO (m)	TIEMPO (s)	VELOCIDAD (m/s)
1,5	1	3
1,5+ 4,5= 6	2	6
6 + 7,5=13,5	3	9
13,5+10,5=24	4	12

**ESTUDIO DE MOVIMIENTOS
CIRCULARES**
Actividades 7.1 y 7.2



MOVIMIENTOS CIRCULARES

Los movimientos circulares pueden ser experimentados con ayuda del motor-reductor, en el caso de movimientos circulares uniformes, haciendo girar la varilla con diferentes velocidades angulares. También si se enrollando un hilo al eje de rotación se puede obtener movimiento uniformemente acelerado, si el otro extremo del hilo se ata a un portapesas, pasándolo previamente por una polea, y se deja colgar con varias pesas.



Montaje de una barrera fotoeléctrica con el sistema de rotación, con el motor reductor.

La medida del tiempo se puede realizar manualmente, utilizando la función cronómetro del contador digital, pero también se puede realizar el montaje de la figura utilizando una sola barrera, según se indica en el manual de uso del contador digital.

El montaje de movimientos circulares uniformes se puede realizar con el motor, haciendo una banda o aro con el cordoncillo de goma y rodeando con él el eje de la varilla, poniendo antes la tapa cilíndrica roscada, y una polea del motor.

El montaje de movimientos circulares uniformes se puede realizar con el motor reductor [32] y la cinta de goma [15].

Pero también se puede realizar rodeando el eje con un hilo, atado a él, dándole una vuelta completa a una polea y dejándolo colgado con un portapesas.

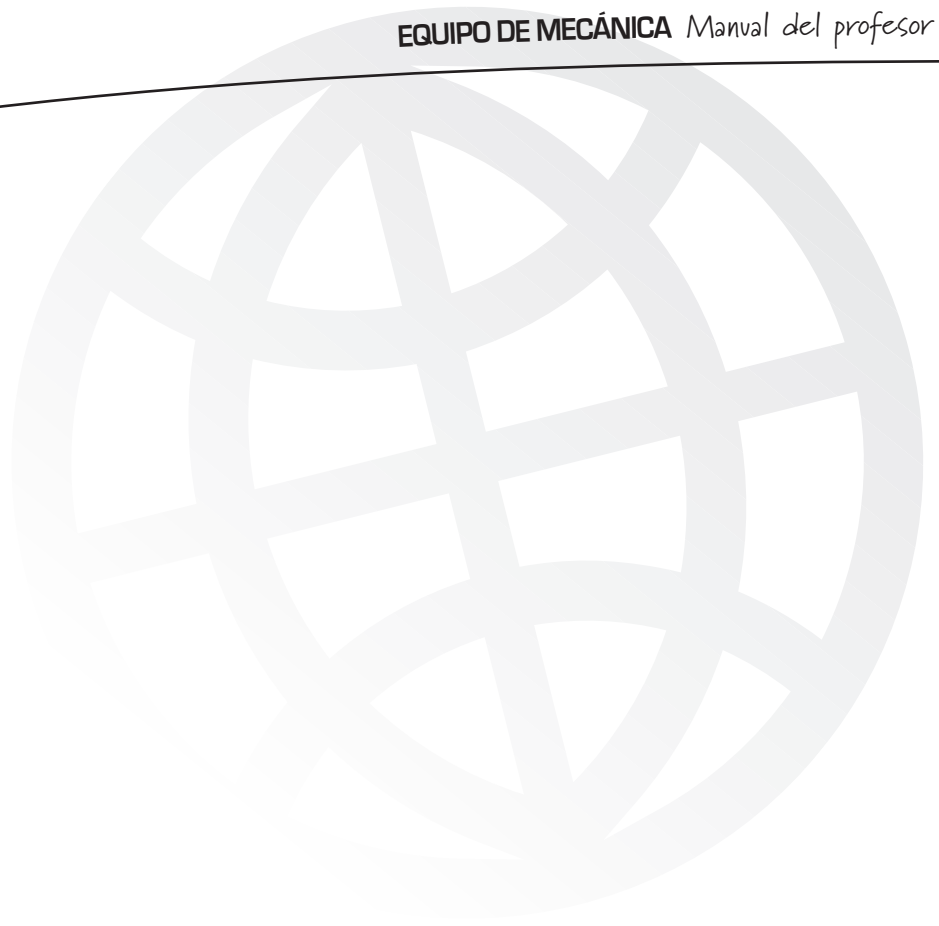
Al representar gráficamente el desplazamiento angular frente al tiempo resulta una línea recta, lo que indica que ambas magnitudes son directamente proporcionales. Se trata, pues, de una función lineal del tipo:

$\theta = K \cdot t$; donde K es una constante

Precisamente esa constante que relaciona el desplazamiento angular y el tiempo es la velocidad angular de la varilla. La velocidad lineal de un punto del extremo de la varilla es mayor que el de otro situado más al centro, aunque todos los puntos poseen la misma velocidad angular.

También se debe hacer constar que en este tipo de movimiento no hay aceleración tangencial, pues el módulo de la velocidad no varía, pero sí aceleración normal o centrípeta, debida al cambio de dirección de la velocidad.

En el caso del movimiento rectilíneo uniformemente acelerado, el montaje se realiza con la polea y el portapesas, pero esta vez sin darle una vuelta al hilo alrededor de la polea. En este movimiento de aceleración constante la relación entre el desplazamiento angular y el tiempo no es lineal, pero si se representa θ frente al tiempo, elevado al cuadrado, sí resulta una línea recta. Como es un movimiento en el que la velocidad angular varía, aparece una nueva magnitud, la aceleración angular, que se puede determinar gráficamente mediante la pendiente de la recta que resulta al representar 2θ frente a t^2 .



COMPOSICIÓN DE MOVIMIENTOS

Actividades 8.1, 8.2 y 9



ACTIVIDAD 8.1. LANZAMIENTO HORIZONTAL

Al lanzar horizontalmente la bola, estará animada de un movimiento parabólico, composición de dos movimientos rectilíneos: Uno horizontal uniforme y otro vertical de caída libre [uniformemente acelerado]. La velocidad horizontal es siempre constante: $V_x = \text{constante}$, sin embargo la velocidad vertical: $V_y = g \cdot t$ (ya que ésta no posee velocidad inicial). Ambas son las componentes de la velocidad de la bola en cualquier punto de la trayectoria:

$$v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2} \quad \text{cuya dirección viene dada por } \operatorname{tg} \theta = v_y / v_x$$

El desplazamiento horizontal vendrá dado por: $x = v_x \cdot t$

y el vertical: $y = 1/2 \cdot g \cdot t^2$, y la ecuación de la trayectoria:

$$y = 1/2 \cdot \frac{g}{v_x^2} \cdot x^2, \text{ que corresponde a una parábola.}$$

Para mayor exactitud en la experiencia, dejar caer varias veces la bola y tomar como impacto sobre el suelo (situando el calco sobre el folio, de manera que queden impresos en éste los golpes) la media de los impactos, para cada distancia.

En el caso del otro movimiento parabólico o lanzamiento oblicuo con una velocidad inicial de lanzamiento que forma un ángulo sobre la horizontal, se trata de la composición de un movimiento rectilíneo uniforme y de otro rectilíneo uniformemente decelerado, de tal manera que los desplazamientos vienen dados por:

$$x = v_0 \cdot \cos \alpha \cdot t = v_0 \cdot \cos \alpha \cdot t \text{ [horizontal]} \quad y = v_0 \cdot \sin \alpha \cdot t - 1/2 \cdot g \cdot t^2 \text{ [vertical]}$$

Los componentes de la velocidad en cualquier instante serán:

$$\left. \begin{array}{l} v_x = v_0 \cdot \cos \alpha = \text{constante} \\ v_y = v_0 \cdot \sin \alpha \cdot g \cdot t \end{array} \right\} v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2}$$

viniendo dada la dirección del vector velocidad por:

$$\operatorname{tg} \theta = v_y / v_x$$

Para calcular el tiempo de caída se hace $y=0$, y por lo tanto, el tiempo que tarda el móvil en conseguirla altura máxima es la mitad. El alcance máximo se determina sustituyendo en el desplazamiento horizontal, el tiempo que tarda el móvil en recorrer la trayectoria volviendo a la horizontal desde donde partió.

La altura máxima se puede calcular sustituyendo en el desplazamiento vertical el tiempo en conseguirla.

En la experiencia propuesta, una de las dificultades más importantes, para evitar en lo posible errores experimentales, es la determinación del ángulo de tiro, que debe ser determinado con la mayor precisión.

ACTIVIDAD 8.2. PLANO INCLINADO Y LANZAMIENTO HORIZONTAL

El lanzamiento horizontal se puede aprovechar para estudiar experimentalmente la caída de una bola por un plano inclinado, sin efectuar medidas del tiempo. Se trata sólo de medir espacios recorridos sobre el plano y alcances conseguidos en la caída libre de la bola tras abandonar el extremo del plano. Así, se pueden obtener datos de la velocidad de lanzamiento al espacio, que resulta ser la velocidad final de la bola en su recorrido sobre el plano.

Para que el movimiento de la bola por el plano sea uniformemente acelerado, es necesario inclinar suficientemente el plano para conseguirlo.

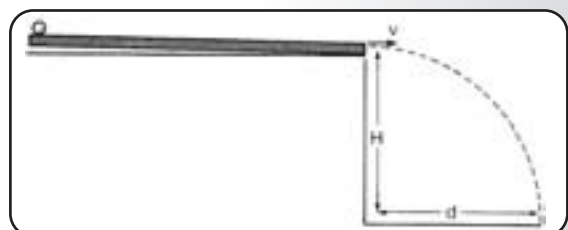
Por eso, el lanzamiento es realmente oblicuo, pero consideramos aproximadamente que el ángulo de lanzamiento al aire es suficientemente pequeño como para ser considerado nulo. La velocidad de la bola tras recorrer el tramo del plano viene dada por:

$$v = d \cdot \sqrt{2H/g}$$

que resulta de eliminar el tiempo en las ecuaciones del lanzamiento horizontal:

$$d = v \cdot t$$

$$H = 1/2 \cdot g \cdot t^2$$



ACTIVIDAD 8.3. LANZAMIENTO OBLICUO

En el caso de considerar que el ángulo de lanzamiento de la bola es apreciable, se trataría de un tiro oblicuo, con ángulo por debajo de la horizontal. Entonces:

$$\text{sen}\alpha = h/1 = h$$

[Considerando que la longitud del plano es 1 m.]

$$\text{cos}\alpha = \sqrt{1 - \text{sen}^2\alpha} = \sqrt{1 - h^2}$$

$$\text{tg}\alpha = h/\sqrt{1 - h^2}$$

Si v_0 es el módulo del vector velocidad inicial del tiro parabólico o la final tras el recorrido por el plano, v .

Eliminando el tiempo entre los desplazamientos horizontal y vertical, se obtiene:

$$H = x \text{tg}\alpha + \frac{1}{2g} \frac{x^2}{v^2 \cos^2 \alpha}$$

Despejando v :

$$2(H - x \text{tg}\alpha) = g \frac{x^2}{v^2 \cos^2 \alpha}$$

$$v = x / \cos\alpha \sqrt{\frac{1/2g}{H - x \text{tg}\alpha}}$$

donde fácilmente se comprueba que si $h = 5 \text{ cm} = 0,05 \text{ m}$.

$$\left. \begin{array}{l} \text{sen}\alpha = 0,05 \approx 0 \\ \text{cos}\alpha = \sqrt{1 - 0,05^2} \approx 1 \\ \text{cos}\alpha = \frac{0,05}{1} \approx 0 \end{array} \right\} v = \frac{x}{\sqrt{2H/g}} = \sqrt{\frac{d}{2H/g}}$$

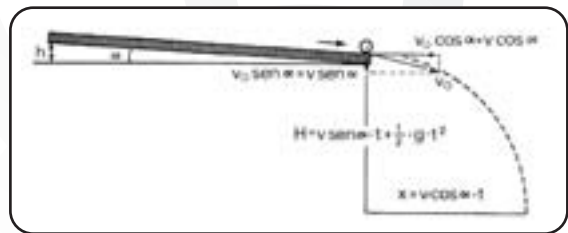
como hemos considerado anteriormente. Si se vuelve a este caso particular (lanzamiento horizontal tras el recorrido por el plano) debe ocurrir que los valores tabulados en la última columna sean constantes, pues:

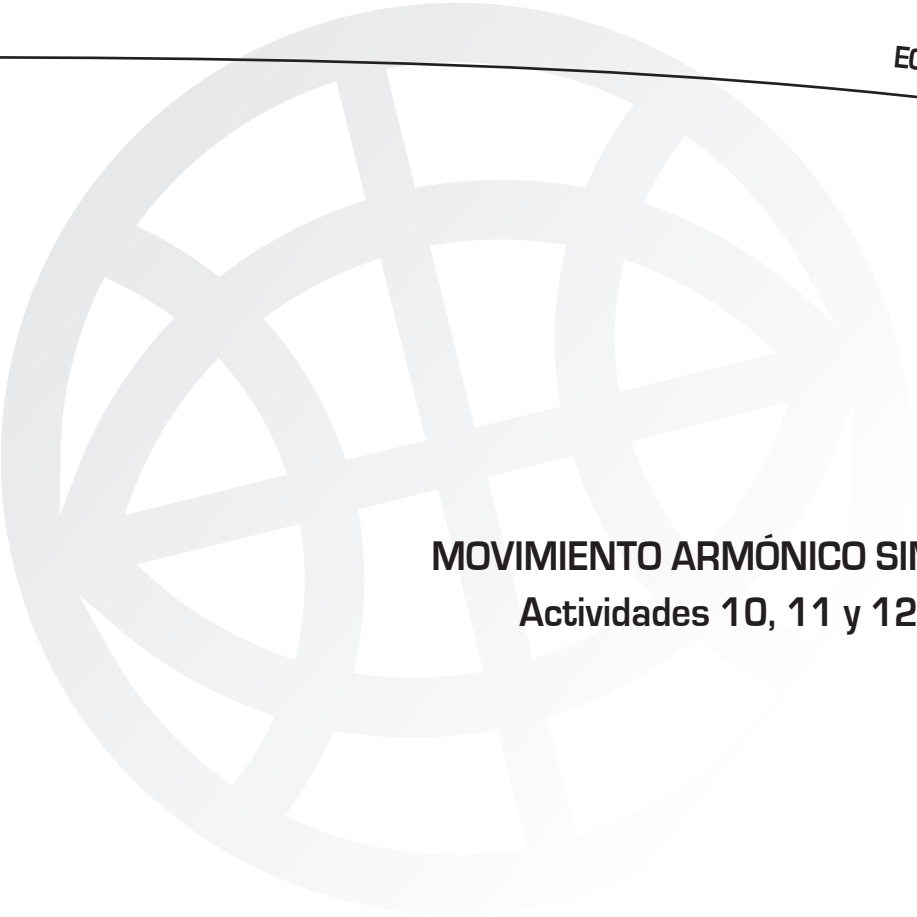
$$v^2/2e = a \text{ [aceleración del m.r.u.a.]}$$

Al representar $v=f(e)$ resulta una parábola, no existiendo una proporcionalidad directa entre ambas magnitudes, como se comprueba en la tabla, observando que al duplicarse el espacio no se duplica la velocidad. Sin embargo, sí existe proporcionalidad directa entre el cuadrado de la velocidad y el espacio, dentro de las desviaciones correspondientes, originadas por los errores en las medidas.

La bola consume energía al girar, de ahí que si se deslizara por el plano sin girar (y sin rozamiento apreciable) tardaría menos en descender por el riel del plomo, pues dispone de mayor cantidad de energía para bajar.

El lanzamiento oblicuo también se puede realizar con ángulo por encima del plano de la mesa. El montaje es el indicado en la figura, donde se utiliza la rampa de lanzamiento para dejar correr la bola por el plano, pero se inclina éste un poco, con el vástago de la polea, por el extremo de lanzamiento al aire.





MOVIMIENTO ARMÓNICO SIMPLE

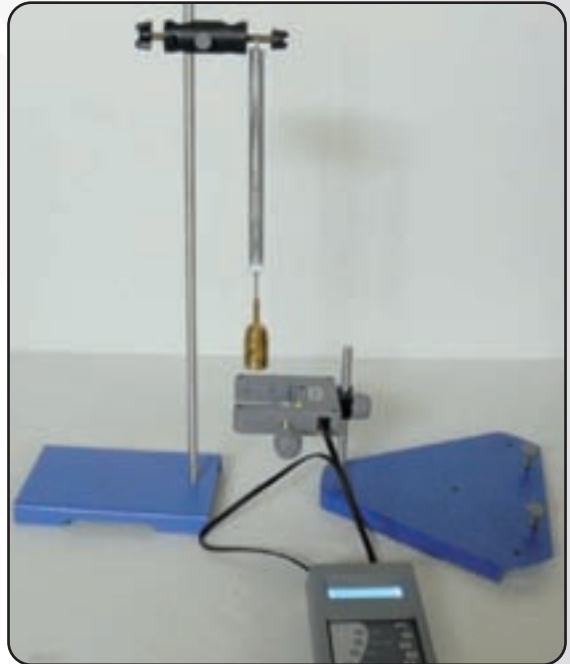
Actividades 10, 11 y 12



ACTIVIDAD 10**MOVIMIENTO ARMÓNICO SIMPLE CON UN MUELLE**

Para medir las oscilaciones de un muelle, se cuelga de éste el portapesas con alguna pesa, según la experiencia, y se sitúa un índice para oscilaciones (utilice como índice cualquier elemento rígido y delgado, tipo alambre) entre la base del portapesas y la primera pesa situada en él. También puede utilizar los muelles con índice. Se deja oscilar, tirando suavemente hacia abajo, hasta conseguir oscilaciones estables, sin que el índice gire. Se acerca la abertura de la barrera y se sitúa dentro el índice, el LED cambiará de color verde a rojo. Utilice el modo de una barra en el Contador Digital, tal y como se indica en el manual.

NOTA.—Hay que advertir que inicia/mente, el índice del muelle ha de estar situado en el mismo centro de la barrera fotoeléctrica. El piloto LED de la barrera quedará iluminado de color rojo en esa posición inicial, que corresponde al centro de oscilación.

**ACTIVIDAD 11.****MOVIMIENTO ARMÓNICO SIMPLE CON EL PÉNDULO**

El péndulo simple o matemático es una masa puntiforme, suspendida de un hilo inextensible y sin peso.

Esta definición abstracta o matemática tiene una aproximación concreta en una esfera densa que cuelga de un hilo fino y poco pesado.

El movimiento pendular es periódico o armónico, pues se repite cada cierto tiempo o período.

En la práctica, al cabo de cierto tiempo, se pierde energía por rozamiento con el aire y con la varilla soporte.

Las leyes del péndulo son:

— El período de oscilación o tiempo que tarda en realizar una oscilación, es proporcional a la longitud del péndulo y no depende de su masa. También se comprueba que el período de oscilación aumenta al disminuir la atracción gravitatoria terrestre.

La expresión matemática de estas leyes es:

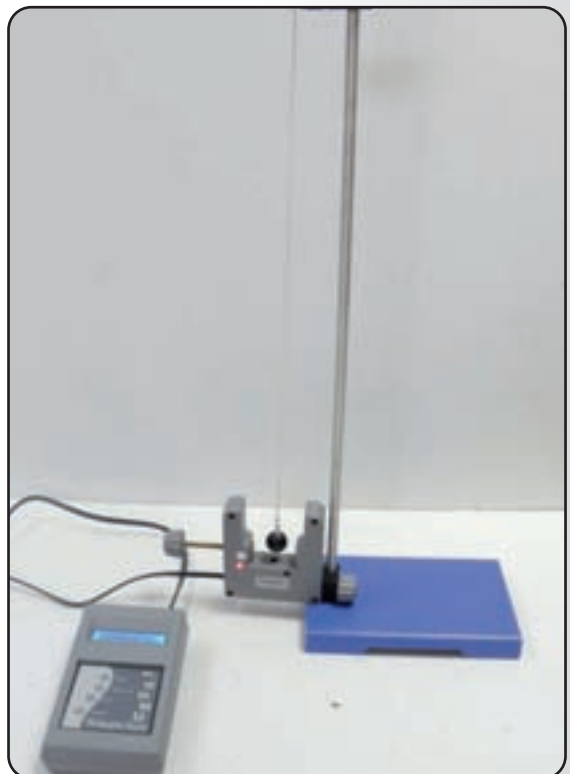
$$T=2\pi\sqrt{l/g}$$

en la que T=período, en segundos.

g=aceleración de la gravedad en m/s².

l=longitud, en metros (distancia desde el punto de suspensión al centro de gravedad de la masa suspendida).

Al montar el péndulo, darle una longitud pequeña para comenzar a oscilar. Dejarlo oscilar varias veces antes de disparar el cronómetro electrónico.



La célula fotoeléctrica detectará el paso del hilo, pues la bola queda más abajo. .

Cuando se determina la aceleración del péndulo simple, es necesario medir el período de oscilación y la longitud del péndulo.

Supongamos que se mide la longitud del péndulo, resultando 60 cm.

Al cronometrar el tiempo que tarda en realizar 50 oscilaciones resulta 78,5 segundos.

Repitiendo la medida tres veces más se obtienen los resultados indicados en la tabla.

Al completar la tabla resulta:

LONGITUD MEDIA (s)	TIEMPO (s)	TIEMPO MEDIO (s)	PERIODO (s)	ACELERACIÓN DE LA GRAVEDAD (m/s ²)
0,60	78,6	78,5	$\frac{78,5}{50} = 1,57$	$g = \frac{4\pi^2 \cdot l}{T^2} =$ $= 9,6 \text{ m/s}^2$
	78,5			
	78,7			
	78,5			

Cuando se sitúa la barrera fotoeléctrica, el péndulo se deja caer, a modo de plomada, para situar las ranuras de las barreras en vertical, de manera que al estar el hilo del péndulo frente a ella intercepte los rayos infrarrojos y se ilumine de color rojo el LED.

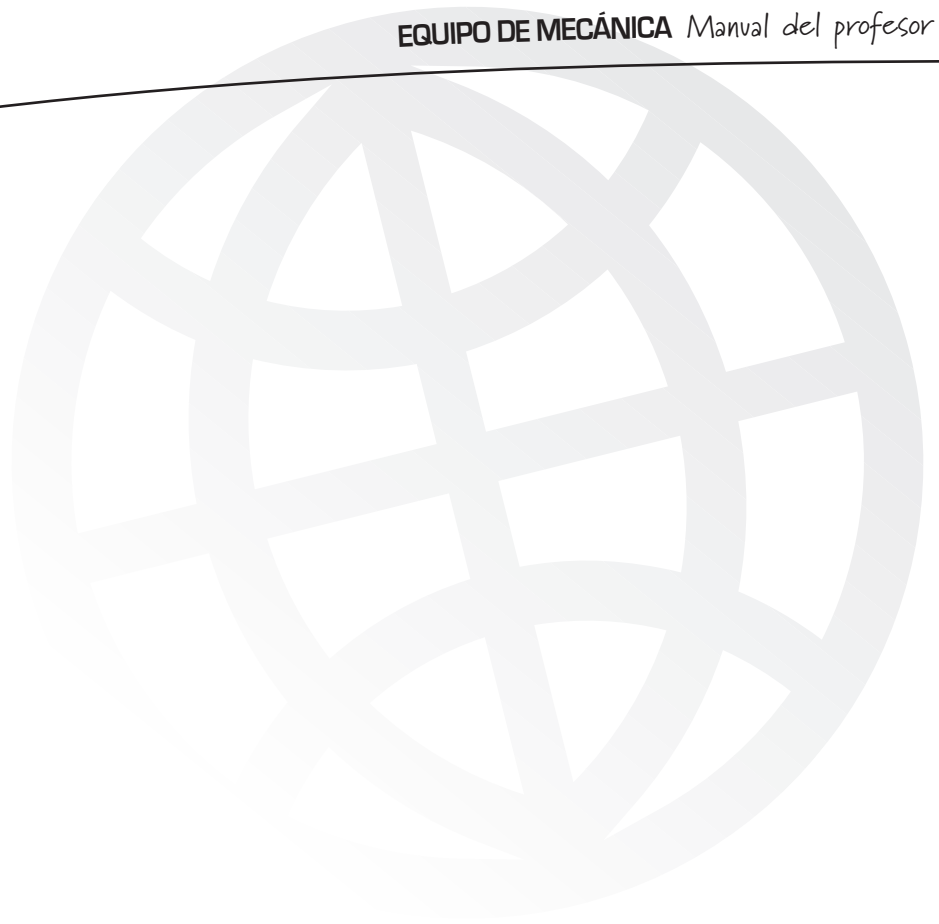
Ese será el centro de oscilación. La barrera inicia la cuenta del tiempo, poniendo en marcha el cronómetro electrónico al pasar el hilo tras ser dejado oscilar desde un extremo. Al siguiente paso se para el cronómetro.

Después se repiten las medidas para diferentes longitudes del péndulo.

También se puede medir el período utilizando el modo de período en el contador digital, siguiendo las instrucciones de uso del contador descritas en su manual.

COMPOSICIÓN DE FUERZAS

Actividades 13.1 y 13.2



COMPOSICIÓN DE FUERZAS. DESCOMPOSICIÓN

Se pretende hallar la resultante de dos fuerzas concurrentes y comprobar que su magnitud, dirección y sentido, vienen dados por la diagonal del paralelogramo formado por los vectores, y de hallar también la resultante de dos fuerzas paralelas del mismo sentido.

En todos los casos se utiliza como instrumento fundamental el dinamómetro, para medir las fuerzas. Se puede, previamente, comprobar la graduación del dinamómetro, colgándole de su extremo el portapesas (tener en cuenta su peso) y añadiendo a éste pesas, sin sobrepasar el límite del aparato. Cuando el dinamómetro presente error de cero debe anotarse para ulteriores mediciones. Para determinarlo, se cuelga verticalmente, sin peso suspendido, y si el índice marca $F + \Delta F$, cuando se efectúe una medida debe corregirse restando el incremento ΔF . Aunque es preferible regularlo a cero con la tuerca que disponen los dinamómetros.

FUNDAMENTO TEÓRICO:

Para hallar la resultante de dos fuerzas concurrentes, se aplica la «regla del paralelogramo». La resultante tiene la dirección de la diagonal del paralelogramo.

Otra forma de sumar o componer, para el caso de más de dos fuerzas, es construir el «polígono de fuerzas». A partir de una de ellas se van colocando las demás trasladándolas paralelamente de forma que su punto de aplicación coincida con el extremo de la anterior. La resultante es el vector que une el origen de la primera con el extremo de la última.

La resultante de dos fuerzas paralelas del mismo sentido es igual en módulo o magnitud a la suma de las otras dos y del mismo sentido.

El punto de aplicación de esta resultante paralela a las fuerzas, divide al segmento que determinan en dos partes inversamente proporcionales a sus intensidades o módulos.

$$F_1 \cdot a = F_2 \cdot b$$

OBSERVACIONES:

En el caso de fuerzas concurrentes, al anotar los valores de F_1 y F_2 se comprueba que $F_1 + F_2$ no es igual a F_3 . Esta fuerza es igual y contraria que la resultante de F_1 y F_2 .

Cuando se colocan los dinamómetros I y II de manera que formen un ángulo recto, el valor de la resultante se obtiene aplicando el Teorema de

$$\text{Pitágoras: } R = \sqrt{F_1^2 + F_2^2}.$$

Como consecuencia resulta que:

La resultante de dos fuerzas concurrentes es igual en dirección y magnitud a la diagonal del paralelogramo construido sobre las concurrentes como lados.

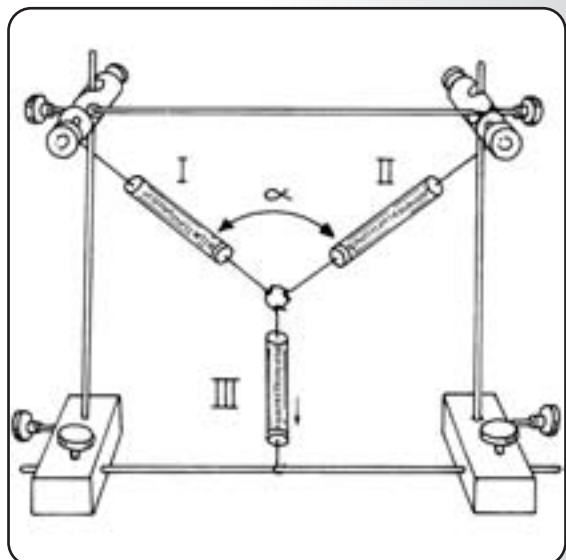
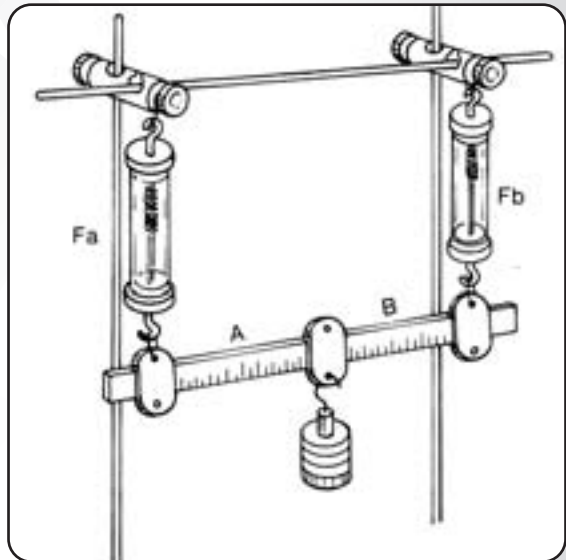
Cuando tres fuerzas concurrentes están en equilibrio, una de ellas es igual y opuesta a la resultante de las otras dos.

FUERZAS PARALELAS:

Respecto a la experiencia sobre fuerzas paralelas las observaciones son las siguientes:

La resultante de las dos fuerzas ejercidas por los dos dinamómetros es $F'a + F'b$.

Tener en cuenta que $F'a$ es la diferencia entre F_a (lo que marca el dinamómetro de 3 N. cuando esté colgada la palanca y algún objeto), y lo que marca cuando esté colgada sólo la palanca. Lo mismo $F'b$.



Para hallar la resultante gráficamente, seguir el procedimiento siguiente:

Colocar la fuerza pequeña detrás de la mayor; situar la mayor sobre la menor. Unir el punto extremo de la fuerza mayor (la situada sobre la menor) con el extremo de la menor (la situada detrás de la mayor).

El punto de corte con la horizontal (o línea que une los puntos de aplicación de las dos fuerzas paralelas) nos da el punto de aplicación de la resultante.

El módulo de ésta será la suma de las dos fuerzas paralelas, la dirección paralela y el sentido el mismo.

Un caso particular de composición de fuerzas paralelas es del peso de un cuerpo, como resultante de los pesos de todas sus partículas. Este vector, fuerza de atracción gravitatoria, está aplicado en un punto del cuerpo llamado «centro de gravedad», que es la intersección de todas las líneas verticales trazadas al suspender el cuerpo desde diferentes puntos de su periferia. Si se trata de una figura plana, se trazan las verticales indicadas y en el punto donde se cortan está el centro de gravedad, como se comprueba colocando un lápiz verticalmente y situando encima la superficie plana cuando el punto obtenido esté sobre el apoyo, manteniéndose en equilibrio. Los cuerpos actúan como si todo su peso estuviera concentrado en el centro de gravedad.

La componente tangencial es la que actúa sobre el cuerpo para que se deslice hacia abajo (si el ángulo de inclinación del plano es suficiente para vencer el rozamiento del cuerpo con el plano).

La componente normal es la fuerza igual y contraria a la fuerza que ejerce el plano sobre el cuerpo. Las componentes y el peso están relacionados por la fórmula $p^2 = F^2 + N^2$ (Teorema de Pitágoras).

De igual forma, un péndulo oscila porque la componente tangencial del peso actúa sobre él.

En otras ocasiones es conveniente descomponer una fuerza en componentes rectangulares (proyecciones sobre los ejes de coordenadas planarios) (fig. 3). Así, se podría hallar la resultante de varias fuerzas descomponiéndolas sobre los ejes, simplificando así el problema.

Una fuerza se puede descomponer también en el espacio, en sus componentes ortogonales. Se considera sobre cada eje un vector unitario, de módulo unidad.

DESCOMPOSICIÓN DE FUERZAS

En muchos casos es conveniente descomponer una fuerza en otras dos. Esto ocurre, por ejemplo, en el caso de un cuerpo situado sobre un plano inclinado. (Fig. 2.)

El peso del cuerpo se descompone en las dos componentes: tangencial (paralela al plano) y normal (perpendicular al plano).

Las componentes de F están relacionadas con el módulo de dicha fuerza por la relación: $F^2 = F_x^2 + F_y^2 + F_z^2$

Si los ángulos que forma el vector con los ejes son los cosenos directores de la fuerza serán:

$$\cos\alpha = \frac{F_x}{F}; \cos\beta = \frac{F_y}{F}; \cos\gamma = \frac{F_z}{F}$$

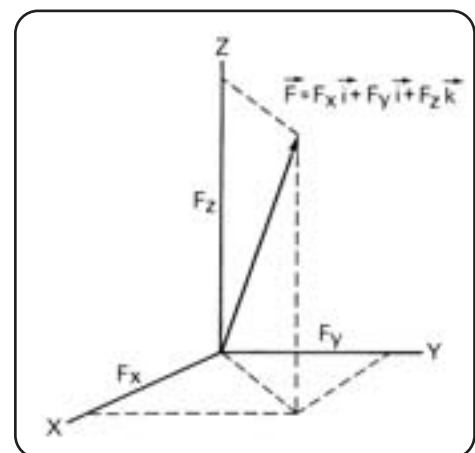
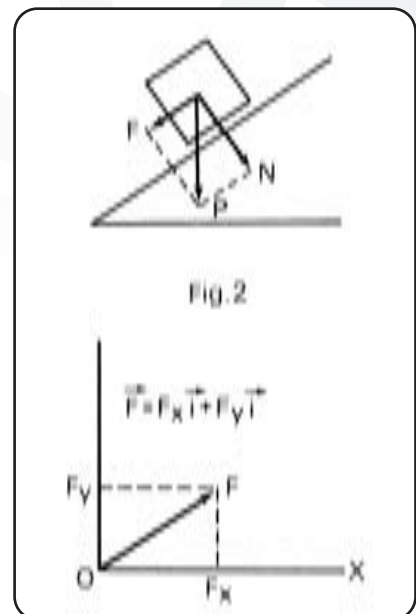
de tal manera que: $\cos^2\alpha + \cos^2\beta + \cos^2\gamma = 1$.

Por último, hay que recordar que también se pueden realizar composiciones de fuerzas de igual dirección.

La resultante de dos fuerzas de igual dirección y sentido es un vector de la misma dirección y sentido, de módulo la suma de los módulos de las dos fuerzas.

Si una fuerza contrarresta la acción de otras dos del mismo sentido, la resultante de éstas es igual de módulo, pero de sentido contrario a la primera.

La resultante de dos fuerzas de igual dirección y sentidos contrarios es otra fuerza de igual dirección, sentido de la mayor y módulo o intensidad la diferencia de los módulos de dichas fuerzas.



MOMENTO DE UNA FUERZA.

PARES. MAQUINAS

Actividades 14.1, 14.2, 15, 16, 17



PALANCAS

Si se monta una palanca de primer género y se coloca un portapesas, con una masa m_1 en un extremo, y otra m_2 , superior a m_1 en el otro extremo, modificando el punto de apoyo encontraremos una posición para la cual la palanca quedará horizontal.

La relación entre las fuerzas colgadas y las distancias al punto de apoyo, correspondientes, es:

$F_1 \cdot d_1 = F_2 \cdot d_2$ constante. Esa constante es el momento: $M = F \cdot d$, siempre que la fuerza y el brazo sean perpendiculares entre sí.

Dos fuerzas paralelas de igual módulo y sentidos contrarios constituyen un «par de fuerzas». La resultante del par es nula, sin embargo, no así el momento resultante de ambas fuerzas respecto al punto medio de la distancia entre ellas. Es decir, el par, aplicado a un cuerpo, produce su giro.

A todo par de fuerzas se le asocia su «momento», que es igual al producto de una de las fuerzas por el «brazo» del par:

$$M = F \cdot d$$

Se le atribuye un signo según el sentido de rotación que produce.

Además del estudio del momento de una fuerza, los objetivos propuestos en estas actividades son:

Estudiar el funcionamiento de las palancas y de las poleas.

Comprobar que con las máquinas se pueden efectuar trabajos difíciles de realizar de otra forma.

Comprobar que, con el plano inclinado, puede elevarse un cuerpo con una fuerza menor que el peso de dicho cuerpo.

Establecer la ley del plano inclinado.

La palanca es una barra rígida que puede girar alrededor del punto de apoyo.

La palanca de primer género posee el punto de apoyo entre la resistencia [fuerza a vencer] y la potencia [fuerza aplicada].

La Ley de las palancas se enuncia así «el producto de la potencia por su brazo es igual al de la resistencia por su brazo».

Son palancas de primer género las tijeras, la romana y las tenazas.

El producto de la potencia o fuerza aplicada por su distancia al punto de apoyo es igual al producto de la resistencia o fuerza a vencer por su distancia al punto de apoyo.

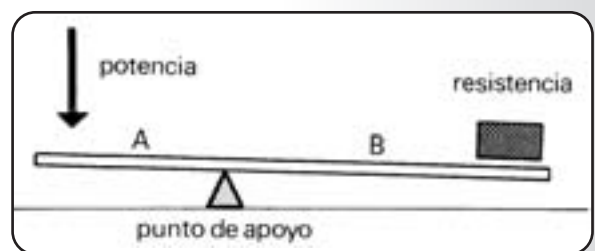
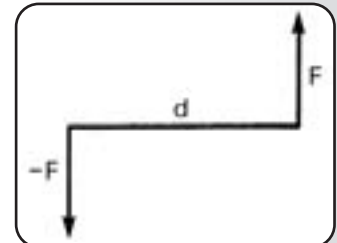
Con una palanca de primer género, tal como se indica en la figura, el brazo de la potencia debe ser muy largo, y así dicha fuerza a aplicar será muy pequeña.

Con las palancas conseguimos vencer grandes resistencias realizando poco esfuerzo.

En todos los casos se comprueba la ley del equilibrio:

$P \cdot a = R \cdot b$, siendo P la potencia y R la resistencia.

Esto está de acuerdo con los resultados obtenidos. Supongamos que las medidas son las siguientes, se trata de comprobar en la tabla la ley del equilibrio.



PALANCA DE PRIMER GENERO

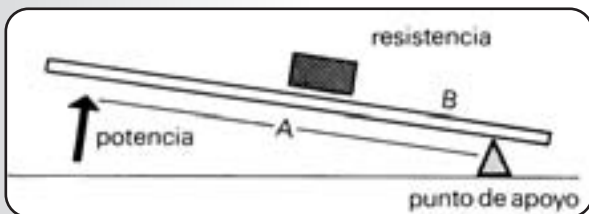
a(m)	b(m)	PESAS R(N)	DINAMÓMETRO P(N)	P a	R b
0,15	0,15	0,6	0,6	0,09	0,09
0,20	0,10	0,6	0,3	0,06	0,06
0,25	0,05	0,6	0,12	0,03	0,03

La palanca de segundo género posee la resistencia entre la potencia y el punto de apoyo.

Supongamos que se completa la tabla con los siguientes resultados:

a(m)	b(m)	R(N) PESAS Y PORTA-PESAS	P(N) DINAMÓMETRO	P a	R.b
0,25	0,10	0,6	0,24	0,06	0,06
0,25	0,15	0,6	0,36	0,09	0,09
0,25	0,20	0,6	0,48	0,12	0,12

En cada caso, se comprueba la ley del equilibrio de las palancas: $P \cdot a = R \cdot b$



PALANCA DE SEGUNDO GENERO

La palanca de tercer género posee la potencia entre la resistencia y el punto de apoyo.

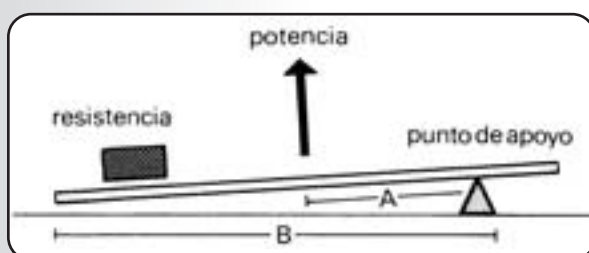
En la siguiente tabla se indican resultados posibles al realizar la experiencia.

Son palancas de segundo género el cascanueces, el pie de puntillas, la carretilla y el remo de una barca.

a(m)	b(m)	R(N) PESAS Y PORTA-PESAS	P(N) DINAMÓMETRO	P-a	R-b
0,10	0,25	0,6	1,5	0,15	0,15
0,15	0,25	0,6	1	0,15	0,15
0,20	0,25	0,6	0,75	0,15	0,15

En cada caso se comprueba la ley del equilibrio: $P \cdot a = R \cdot b$.

El producto de la potencia por su brazo es igual al producto de la resistencia por su brazo.



PALANCA DE TERCER GENERO

Son palancas de tercer género las pinzas, el antebrazo humano y el acelerador de un automóvil.

POLEAS:

En la polea fija, el punto donde va suspendida la armadura hace de punto de apoyo, y las dos fuerzas se aplican en los extremos del hilo que pasa por ella.

Equivale a una palanca de primer género, de brazos iguales la radio de la polea.

La potencia es la fuerza aplicada (lectura del dinamómetro) y la resistencia es el portapesas y pesas.

En la polea fija, la potencia es igual a la resistencia. Las tensiones en los extremos del hilo son iguales. Por lo tanto, la ley del equilibrio será: $P = R$.

Con la polea fija se puede elevar un cuerpo con mayor comodidad. Por ejemplo, para elevar un cuerpo de 10 N hay que realizar una fuerza de 10 N, pero tirando en una dirección más cómoda que hacia arriba. La polea fija no cambia la intensidad de la fuerza, sino sólo su dirección y sentido.

Las poleas se utilizan en las grúas para elevar cuerpos más pesados, en los pozos para elevar agua, para tensar cables, etc.

Con la polea móvil se comprueba que la lectura del dinamómetro es igual a la mitad del peso del cuerpo suspendido (pesas, portapoleas y polea).

Si P es la potencia (lectura del dinamómetro) y R la resistencia (polea, portapoleas y pesas), aplicando la ley del equilibrio.

$P \cdot 2r = R \cdot r$, siendo r el radio de la polea.

El brazo de la potencia (distancia del hilo, tangente a la polea y unido al dinamómetro, al punto de apoyo) es el diámetro de la polea: $2r$.

El brazo de la resistencia es el radio de la polea.

El brazo de la potencia (distancia del hilo, tangente a la polea y unido al dinamómetro, al punto de apoyo) es el diámetro de la polea: $2r$

El brazo de la resistencia es el radio de la polea.

De la relación anterior:

$$P = \frac{R}{2}$$

[si P y R son fuerzas paralelas].

La polea móvil gana en fuerza lo que pierde en desplazamiento.

Si el peso colgado (incluida la polea) es 1,5 N, la fuerza necesaria para elevarlo es 0,75 N.

Si se estira el dinamómetro 10 cm. las pesas ascienden 5 cm.

APLICACIONES

Si se dispone de varias poleas (polipasto) se puede comprobar la ventaja de su utilización, ahorrándose un gran esfuerzo.

En el caso de trócolas y polipastos, la carga de 100g.o resistencia queda soportada por cuatro o más ramales de la cuerda. La potencia es la fuerza F . necesaria para elevar la carga.

Al tirar del dinamómetro se observa que marca 0,25 N Resulta entonces que

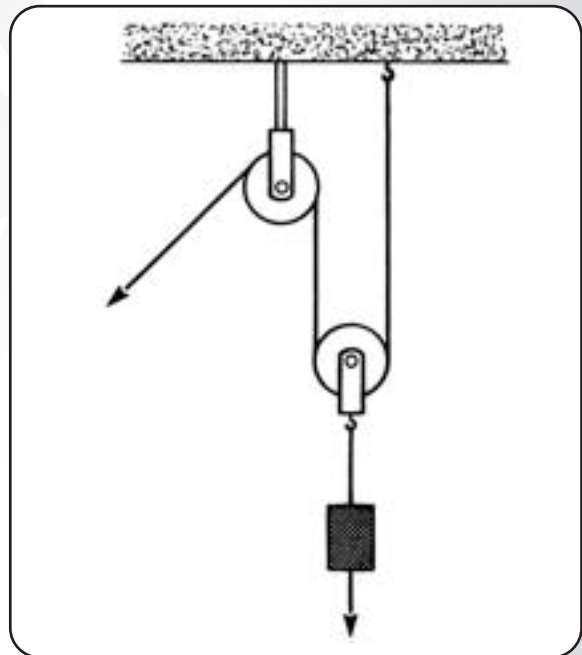
$$F = \frac{1}{4} R$$

La ventaja mecánica o relación de equilibrio de esta trócola se induce que es:

es decir, «para elevar un cuerpo es necesario efectuar una fuerza cuatro veces menor que su peso».

Por tanto, la ley de la trócola es «la potencia es igual a la resistencia dividida por el número de poleas que la sostiene».

El extremo libre en el que se ejerce la fuerza motora o potencia, debe recorrer un camino cuatro veces mayor que la altura que recorre la carga al ser elevada.



Si no hay rozamientos, el trabajo realizado al elevar el peso R , recorriendo una altura h , es igual al trabajo de la potencia, es decir: $R \cdot h = P \cdot e$.

Las trócolas se emplean en grúas, barcos, etc., para elevar cargas y transportarlas a otro lugar. También se emplean para tensar cables.

TORNO

La potencia del torno es la fuerza efectuada para elevar la carga. La resistencia es el peso colgado.

El torno equivale a una palanca, en la cual el fulcro o punto de apoyo es O (ver figura), el brazo de la potencia es la longitud de la manivela, l , y el de la resistencia es el radio del torno.

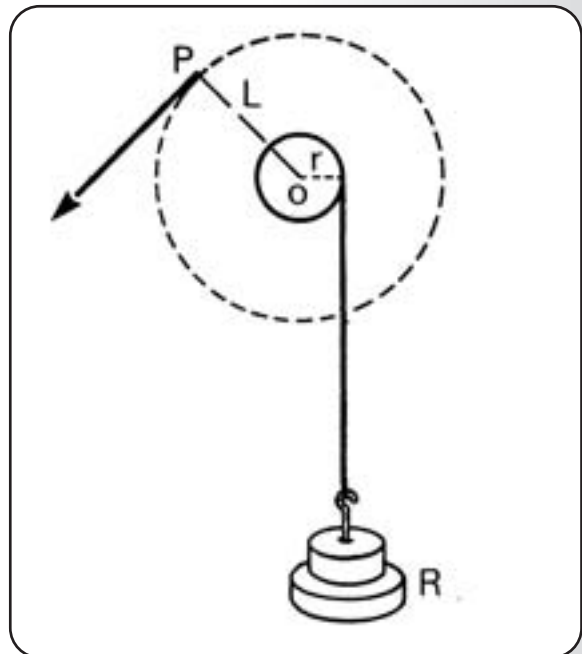
La ley del torno será:

$$P \cdot l = R \cdot r$$

La potencia por la longitud del brazo de la manivela es igual al producto de la resistencia por el radio del torno.

Si la longitud del brazo de la manivela es de 20 mm. el radio del torno es de 10 mm. y la resistencia es de 100 g., la potencia valdrá:

$$F = \frac{R \cdot r}{l} = \frac{1 \text{ N} \cdot 0,010 \text{ m}}{0,020 \text{ m}} = 0,5 \text{ N}.$$



PLANO INCLINADO

Por último, cuando se trata del plano inclinado, al tensar el dinamómetro paralelamente al plano, la fuerza indicada es igual en módulo a la componente tangencial del peso de la bola. Como esta componente es menor que el peso, la fuerza de ascenso será también menor que el peso. Al aumentar la inclinación del plano, la fuerza de ascenso se hace mayor, aunque siempre menor que el peso. Por lo tanto, a menor inclinación, menor fuerza hay que realizar para elevar el cuerpo. La otra componente del peso, la normal, se contrarresta con la fuerza de reacción del plano sobre el cuerpo.

Si el carrito asciende por todo el plano recorriendo una longitud l , por acción de la fuerza F , el trabajo realizado $F \cdot l$ resulta equivalente al que se efectúa al elevar el cuerpo a una altura h , venciendo el peso p , es decir:

$F \cdot l = p \cdot h$ (ley del equilibrio del plano inclinado), es decir, «la fuerza motriz es a la resistencia como la altura del plano inclinado es a su longitud».

Para ascender un cuerpo, de peso p , a una altura h , hay que utilizar un plano de longitud l y empujar con una fuerza F . La fuerza a realizar

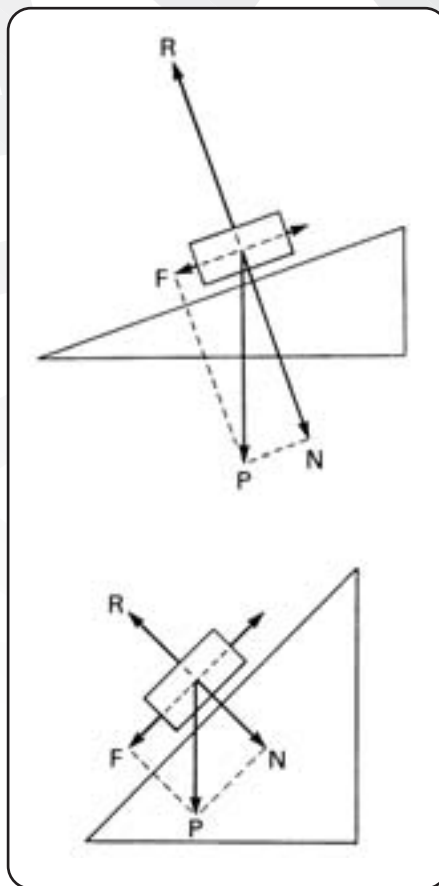
será mayor si se utiliza un plano de mayor inclinación.

En las figuras se observa la descomposición del peso de un cuerpo en un plano inclinado. La fuerza tangencial, paralela al plano, debida al peso, es mayor a mayor inclinación del plano. Sin embargo, la otra componente disminuye, por lo cual también disminuye el rozamiento.

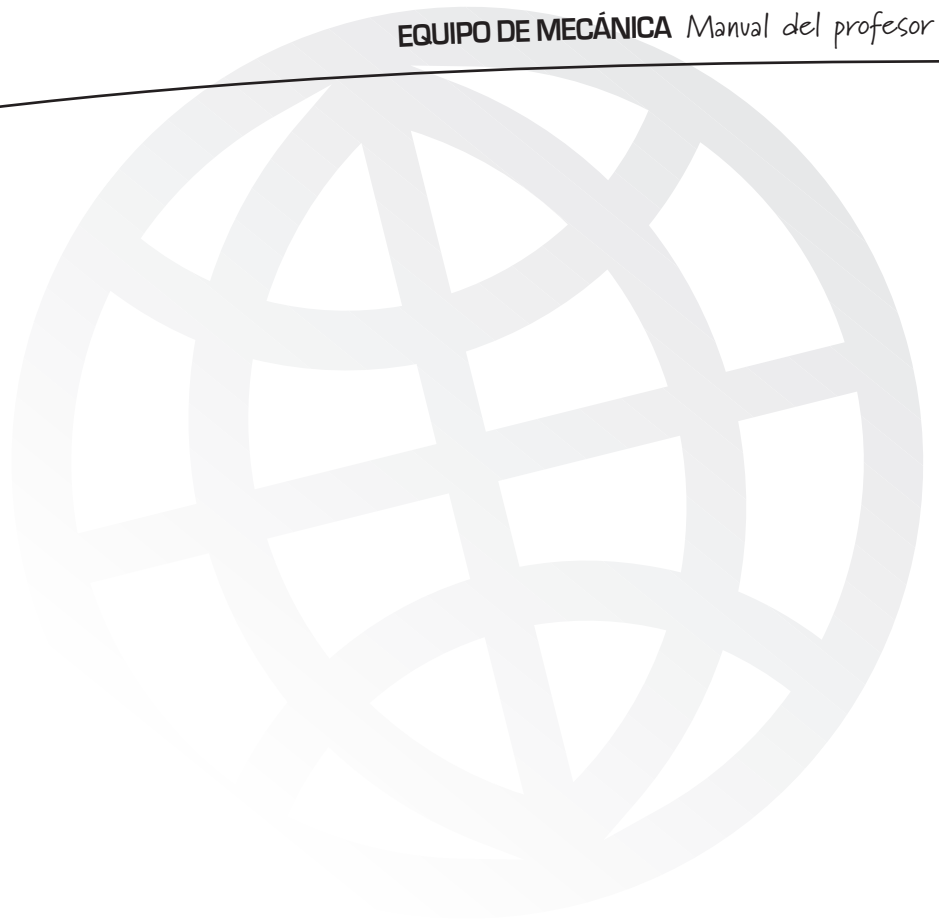
APLICACIONES:

El plano inclinado se aplica a la construcción de carreteras, ferrocarriles, etc.

También para elevar cuerpos a cierta altura.



PRINCIPIOS DE LA DINÁMICA.
MASA INERCIAL
Actividades 18, 19 y 20



LEYES DE NEWTON

FUNDAMENTO TEÓRICO:

Si un cuerpo está en reposo, o con movimiento rectilíneo uniforme, seguirá en este estado mientras no actúe sobre él una fuerza. La comprobación de esta primera ley de Newton o Principio de Inercia puede realizarse utilizando el taco de rozamiento y las pesas, tal como se indica en la figura. Tirando rápidamente de la hoja, el taco apenas se mueve. Si se tira lentamente, el taco se moverá con la hoja. El principio de inercia se enuncia así:

«Todo cuerpo persevera en su estado de reposo o de movimiento rectilíneo uniforme si la resultante de las fuerzas que actúan sobre él es nula».

El principio fundamental de la Dinámica establece que las fuerzas aplicadas a un cuerpo y las aceleraciones originadas son directamente proporcionales. La constante de proporcionalidad recibe el nombre de masa inercial.

Cuando un cuerpo ejerce una fuerza sobre otro, éste ejerce sobre el primero otra fuerza de igual valor y sentido contrario. Es el «principio de acción y reacción». Todos los cuerpos del espacio se atraen mutuamente. La Tierra atrae a todos los cuerpos que la rodean y a su vez es atraída por ellos, que se mueven por su menor inercia.

Los principios de la Dinámica fueron enunciados en el siglo XVII por Newton, basándose en las experiencias y conclusiones de Galileo y en las propias.

OBJETIVOS:

Hallar la relación que existe en la fuerza aplicada a un carrito y la aceleración originada en él.

Comprobar el principio de acción y reacción.

OBSERVACIONES: ACTIVIDAD 18

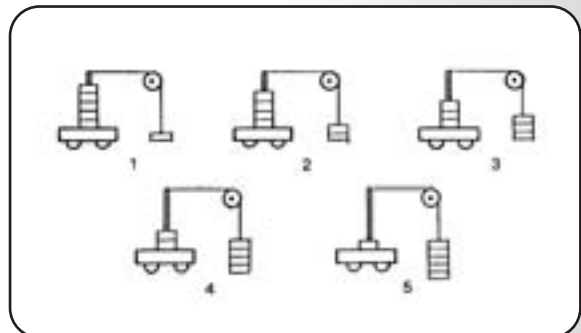
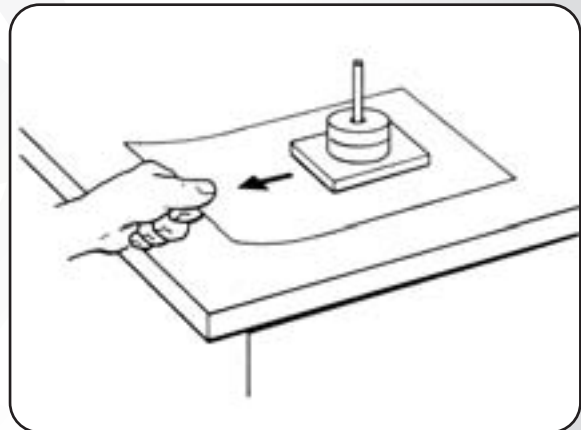
2 y 3. Colocar varias pesas ligeras sobre el carrito. Colocar el carrito en una marca alejada de la polea. Mantener inmóvil el carrito con una mano hasta conectar el cronómetro con la otra.

6. Medir el tiempo unas tres veces, para evitar errores.

7. Pasar una pesa, de poca masa, del carrito al portapesas.

No retirar ninguna pesa del sistema, pues la masa total (carrito, portapesas y pesas) no debe variar.

9. Supongamos que se obtienen los siguientes resultados:



MASA COLGADA	FUERZA DE ARRASTRE (N)	TIEMPOS (s)			TIEMPO MEDIO (s)	t^2	ACELERACIÓN $a=2e/t^2$
		t_1	t_2	t_3			
PORTAPESAS 2 grs.	0,02	4,05	4,07	4,06	4,06	16,50	0,066
PORTAPESAS+PESA 2 grs.+2 g.	0,04	3,52	3,53	3,51	3,52	12,40	0,129
PORT +2 PESAS de 2 g. 2grs.+4g.	0,06	2,86	2,88	2,90	2,88	8,29	0,193
PORT+3 PESAS 2grs.+6g.	0,08	2,45	2,44	2,46	2,45	6,01	0,266

[La fuerza de arrastre es la debida a la masa del portapesas, 2 g., y las pesas situadas en él.] El cuadro anterior, se debe tomar como ejemplo, obtenga los datos con las pesas que se incluyen en el equipo.

La aceleración se ha calculado tomando 80 cms. como espacio recorrido y aplicando la ecuación del M.R.U.A.

10. Gráfica: Fuerza de arrastre frente a la aceleración.

11. Al dividir cada fuerza por su aceleración se obtiene un valor constante, 0,310 Kg. La relación entre las fuerzas de arrastre y sus aceleraciones correspondientes es constante.

12. Se obtiene una línea, recta, como corresponde a una proporcionalidad directa. La ecuación de la recta representa la relación existente entre las variables. La constante de proporcionalidad viene dada por la pendiente de la recta. (Si los resultados no viniesen representados por una recta, repetir la experiencia realizando las medidas con mayor precisión.)

13. Queda contrastada la hipótesis emitida al comienzo de esta actividad.

14. La fuerza aplicada al carrito es directamente proporcional a la aceleración adquirida por el mismo. La constante de proporcionalidad representa la masa inercia/ del sistema.

La ecuación de la ley enunciada es: $F=m.a$, donde «m» es la masa inercia! del sistema, y se denomina «ecuación fundamental de la dinámica» (2.a Ley de Newton).

15. Hemos tomado el valor medio para compensar las desviaciones de las medidas respecto al verdadero valor, evitando así las imprecisiones accidentales.

16. Se ha tomado como imprecisión absoluta 0,01 s. Pero si se utilizara el cronómetro electrónico del equipo la imprecisión sería de una milésima.

17. El valor medio es 1,30 s. La desviación media es: $\frac{0,05 + 0 + 0,05}{3} = 0,03$

Por tanto, la medida realizada se expresa como: $(1,30 \pm 0,03)s$.

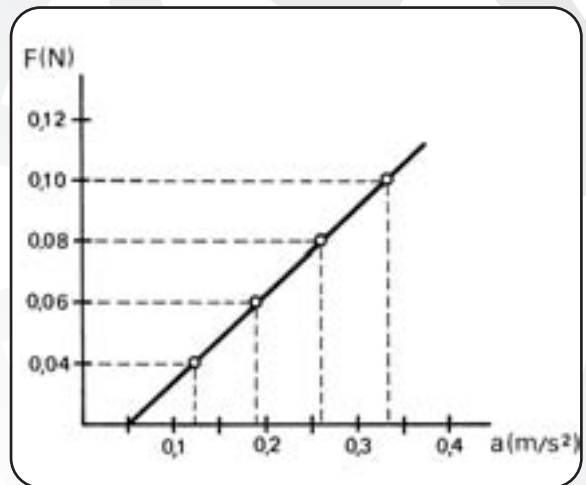
Con ello se quiere indicar que el verdadero valor de la media está comprendido entre 1,27 y 1,33 s.

La imprecisión relativa será: $\frac{0,03}{1,30} = 0,023 = 2,3\%$

18. Según la ecuación fundamental, si $F=0$, la $a = 0$ y, por tanto, el carrito se movería con m.r.u. o estaría en reposo (1.a ley de Newton).

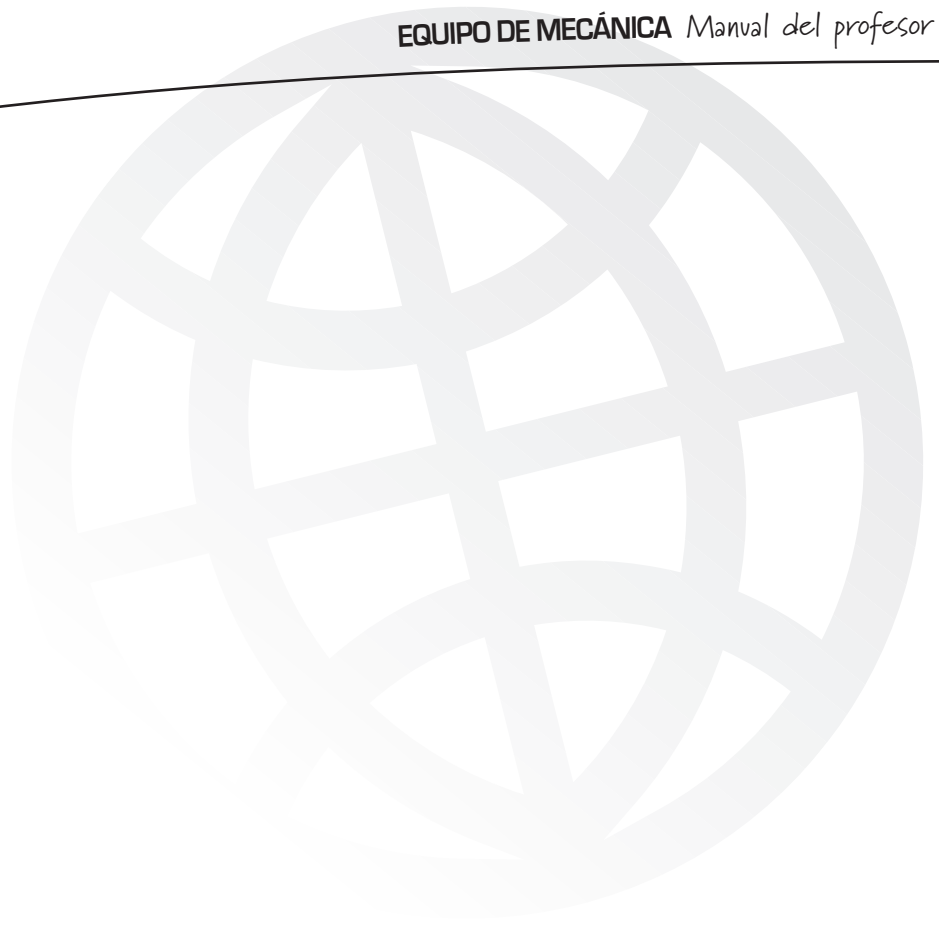
19. La suma de las fuerzas de arrastre del bloque es: $F=4N$, y la masa del bloque 20 Kg., por tanto:

$$a = \frac{F}{m} = 0,2 \text{ m/s}^2$$



FUERZAS DE ROZAMIENTO

Actividades 21.1



ANÁLISIS DE RESULTADOS:**OBJETIVO:**

Se trata de poner en evidencia las fuerzas de rozamiento y los factores de que dependen.

Aplicar el método inductivo para determinar experimentalmente los coeficientes de rozamiento.

Demostrar que la fuerza de rozamiento no depende del área de la superficie de contacto.

FUNDAMENTO:

Cuando se deslizan unos cuerpos sobre otros aparecen unas fuerzas que se oponen al movimiento y representan la interacción electromagnética producida entre las superficies en contacto. La fuerza de rozamiento depende de la componente del peso del cuerpo que se desplaza, que es perpendicular a la superficie de deslizamiento.

Para cada par de superficies deslizantes existe una constante característica, dependiente de la naturaleza de las mismas, denominada coeficiente de rozamiento.

Esta constante es independiente del tamaño de las superficies y del peso del cuerpo deslizante.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA:

«Para cumplir los objetivos se estudia experimentalmente el deslizamiento de una placa metálica o carro de arrastre, con diferentes superficies (madera, vidrio, metal y plástico). Las experiencias pueden ampliarse, etc.

En los primeros apartados del método experimental se trata de investigar cuál será la fuerza de tracción necesaria para iniciar el movimiento, al situar sobre éste sucesivas pesas. La fuerza de tracción (portapesas y pesas colgadas) será aproximadamente igual a la fuerza de rozamiento sobre el plano.

En otro apartado se investiga si influye la naturaleza de la superficie en la fuerza de rozamiento. Después se trata de observar la influencia del área deslizante.

OBSERVACIONES: ACTIVIDAD 21.1

Veamos las observaciones realizadas en la primera actividad.

9. La extensión de la superficie de deslizamiento del taco (sin variar su naturaleza) influye en el valor de la fuerza de rozamiento.

10. Se induce que sí varía la fuerza de rozamiento al modificar la naturaleza de las superficies deslizantes.

11. Se aprecia que la fuerza de rozamiento depende del peso del taco, que en este caso coincide con su componente normal al ser el plano horizontal.

12. La fuerza de rozamiento, que se opone al movimiento.

CONTRASTADO DE HIPÓTESIS. CONCLUSIONES:

13. Las hipótesis quedan contrastadas.

La fuerza de rozamiento es independiente del área de la superficie en contacto, y depende de la naturaleza de dichas superficies y del peso del cuerpo deslizante.

CUESTIONES:

14. La imprecisión que proporciona el hecho de tener que tantear experimentalmente para conseguir el movimiento uniforme del taco. Un método para subsanar estos errores es utilizar una polea con motor para conseguir, por medio de un hilo, que el movimiento del taco sea uniforme.

15. Las superficies lisas presentan poco rozamiento. No así las superficies rugosas.

16. El rozamiento analizado es el dinámico.

17. Si el móvil rueda, además de deslizarse, el rozamiento se llama rodadura. Colocar un par de lápices redondos debajo del taco de rozamiento e investigar la fuerza de rozamiento cuando el taco se desplaza. Utilizar también perdigones y repetir los ensayos.



**CANTIDAD DE MOVIMIENTOS.
CHOQUES.**
Actividades 22.1 y 22.2



ACTIVIDAD 22.1.**ESTUDIO SOBRE COLISIONES. CONSERVACIÓN DE LA CANTIDAD DE MOVIMIENTO**

(I) CON PÉNDULO BIFILAR o CON PLANO INCLINADO

OBJETIVO:

Analizar el choque entre dos bolas metálicas, una de ellas pendiendo de un péndulo bifilar.

MATERIAL NECESARIO:

Bases soportes.

Perfil graduado [regla graduada]

Bola de aluminio, sin gancho.

Varillas metálicas.

Hilo inextensible.

2. Nueces dobles

Bola de hierro, con gancho.

Con el material disponible en el equipo, realice un montaje similar al siguiente.

OBSERVACIONES:

4. Según el principio de conservación de la

$$\text{energía } m_A g h = \frac{1}{2} m_A v_A^2$$

5. Cálculo aproximado de la altura y , para determinar la velocidad de la bola A después del choque:

$$r^2 = (r-y)^2 + x^2 \text{ de donde: } y = \frac{x^2}{2r} \text{ pues se desprecia } y^2 \text{ por ser «y» muy pequeña.}$$

Así resulta:

$$v'_A = \sqrt{2gy} = x = \sqrt{g/r}$$

6. La velocidad de la bola B antes del choque es cero. Para calcular V_B hay que tener en cuenta que se trata de un lanzamiento horizontal y que, por tanto, se aplican las ecuaciones del tiro parabólico:

$$H = \frac{1}{2} g t^2; d = v'_B t, \text{ de las cuales se obtiene:}$$

$$v'_B = \sqrt{d \cdot g / 2H}$$

$$7. \text{ Aplicar: } m_A v_A + m_B v_B = m_A v'_A + m_B v'_B$$

¿Se cumple esta igualdad?

8. La velocidad del centro de masas del choque viene dada por

$$V_{CM} = \frac{m_A v_A}{m_A + m_B} \text{ y después del choque: } v'_{CM} = \frac{m_A v'_A + m_B v'_B}{m_A + m_B}$$

¿Se conserva la velocidad del CM? (Si no coinciden, utilizar el valor medio como valor más representativo.)

Velocidades de las bolas en el sistema-C:

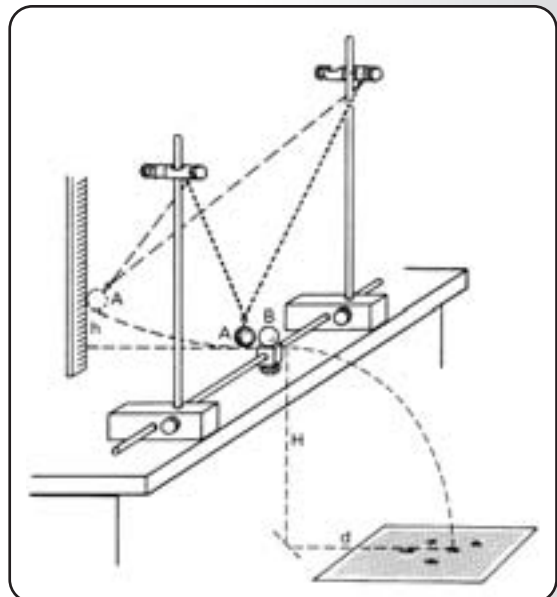
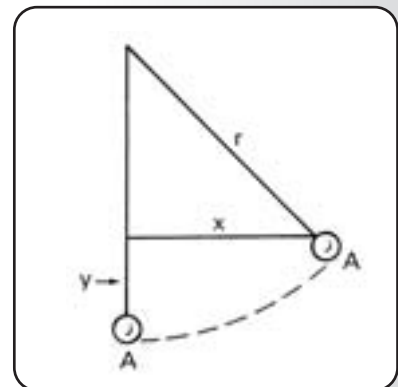
$$\left. \begin{aligned} u_A &= v_A - v_{CM}; u'_A = v'_A - v_{CM} \\ u_B &= v_B - v_{CM}; u'_B = v'_B - v_{CM} \end{aligned} \right\}$$

RESULTADOS:

$$\left. \begin{aligned} \text{BOLA A: } m_A &= 50 \pm 0,1 \text{ g.} \\ h &= 16,5 \pm 0,1 \text{ cm.} \\ x &= 26 \pm 1 \text{ cm.} \end{aligned} \right\} \begin{aligned} V_A &= 1,79 \text{ m/s} \\ v'_A &= 1 \text{ m/s} \end{aligned}$$

$$\left. \begin{aligned} \text{BOLA B: } m_B &= 21,8 \pm 0,1 \text{ g.} \\ H &= 82 \pm 0,1 \text{ cm.} \\ d &= 78,3 \pm 0,1 \text{ cm.} \end{aligned} \right\} \begin{aligned} V_B &= 0 \\ v'_B &= 1,91 \text{ m/s} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Principio de conservación de la cantidad de movimiento:} \quad & 0,05 \cdot 1,79 = 0,05 \cdot 1 + 0,0218 \cdot 1,91 \\ & 0,0895 = 0,0916 \end{aligned}$$



Resulta un choque elástico, pues dentro de los márgenes de error, los resultados son prácticamente iguales.

Velocidad del centro de masas:
$$V_{CM} = \frac{1,24 + 1,27}{2} = 1,25 \text{ m/s}$$

Velocidades en el Sistema-C:

antes del choque $\left\{ \begin{array}{l} u_A = v_A - v_{CM} = 0,54 \text{ m/s} \\ u_B = v_B - v_{CM} = -1,24 \text{ m/s} \end{array} \right.$

después del choque $\left\{ \begin{array}{l} u'_A = v'_A - v_{CM} = 0,25 \text{ m/s} \\ u'_B = v'_B - v_{CM} = 0,66 \text{ m/s} \end{array} \right.$

Energía cinética en el sistema -L:

$$E_{CA} = 1/2 m_A v_A^2 = 0,0801 \text{ Julios}$$

$$E_{CB} = 0 \text{ Julios.}$$

$$E'_{CA} = 0,025 \text{ Julios.}$$

$$E'_{CB} = 0,0398 \text{ Julios.}$$

Proporción de energía cinética que se conserva:

$$\left. \begin{array}{l} 0,0801 \text{ ————— } 0,025 + 0,0398 \\ 100 \text{ ————— } x \end{array} \right\} x = 80,89\%$$

Aunque los principios no se cumplen exactamente, debido a los errores experimentales y de aproximación de cifras decimales, los resultados están muy cerca de los ideales. Se puede concluir que el choque es elástico con gran aproximación.

FUNDAMENTO TEÓRICO:

Cuando un sistema de dos cuerpos interaccionan durante un corto período de tiempo, se trata de un choque o colisión. Si sobre el sistema no actúan fuerzas exteriores, o su resultante es nula, la cantidad de movimiento permanece constante.

El choque entre dos partículas puede ser analizado en el sistema-L (Sistema de referencia ligado al laboratorio) o en el sistema-C (con origen en el centro de masas). De todas formas, la velocidad del CM permanece constante.

En los choques elásticos la energía del sistema se conserva, lo cual no sucede en los choques inelásticos.

Para cumplir con los objetivos propuestos en estas actividades experimentales, será necesario medir las masas y las velocidades de las bolas antes y después del choque frontal de las mismas.

(II) CON PLANO INDICADO

1. Inicialmente no situar ninguna bola sobre el plano.
2. Para que se sepa en qué lugar va a caer la bola y dónde hay que situar el papel carbón y el folio, dejar caer una bola desde lo alto del plano como ensayo previo.
3. Utilizar la bola de acero.
4. Se puede emplear el hilo y el portapesas como plomada para marcar la intersección del eje vertical que pasa por el punto donde la esfera abandona el plano con el eje horizontal en el suelo.
7. El choque debe ser frontal. Observar si la bola que cae por la rampa retrocede al chocar con la otra.
8. Utilizar el flexómetro.
9. Con la bola de plástico no se obtiene el mismo alcance. Situar el folio y el papel carbón en el lugar adecuado.
10. Se produce un choque inelástico, y la plastilina es arrastrada por la bola de acero, deformándose:

ANÁLISIS DE RESULTADOS:

12. Aplicar
$$\left. \begin{aligned} x &= v_x \cdot t \\ y &= 1/2 \cdot g \cdot t^2 \end{aligned} \right\} \text{ (tiro horizontal)}$$

13. Cantidad de movimiento antes del choque

$$P = P_1 + P_2 = m_1 v_1 + m_2 v_2$$

Después del choque: $P = P'_1 + P'_2 = m_1 v'_1 + m_2 v'_2$

Energía cinética antes del choque:

$$T = 1/2 m_1 v_1^2 + m_2 v_2^2$$

Después del choque:

$$T = 1/2 m_1 v'^2_1 + 1/2 m_2 v'^2_2$$

14.
$$v_{CM} = \frac{m_1 v_1 + m_2 v_2}{m_1 + m_2}$$

15. El coeficiente de restitución vale la unidad en un choque elástico.

COMPROBACIÓN DE HIPÓTESIS. CONCLUSIONES:

16. La cantidad de movimiento del sistema se

mantiene constante en todos los casos

$$m_1 v_1 + m_2 v_2 = m_1 v'_1 + m_2 v'_2$$

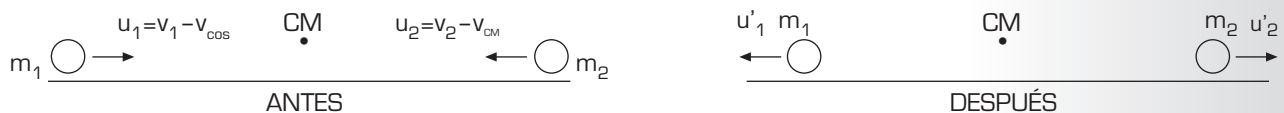
La energía sólo se conserva en un choque perfectamente elástico.

17. La velocidad del CM se mantiene constante

antes y además de la colisión.

CUESTIONES:

19. En el sistema-C de referencia, se considera que el observador está en el centro de masas; considerado sistema inercial. Por lo tanto, la velocidad del centro de masas es cero antes y después del choque:



20. Rozamiento de las bolas con el plano. Retroceso de la bola que choca tras caer por la rampa. Medidas del alcance y la altura.

21. En el Sistema -L:

$$mv + mv = (m+m)v; 1200 \text{ gcm/s} + 0 = 100 \cdot v;$$

$$mv + mv = (m+m)v; 1200 \text{ gcm/s} + 0 = 100 \cdot v$$

$$v = 12 \text{ cm/s}$$

En el sistema -C:



$$v_{CM} = \frac{m_1 v_1 + m_2 v_2}{m_1 + m_2} = \frac{1200 + 0}{100} = 12 \text{ cm/s}$$

$$\left. \begin{aligned} u_1 - v_1 &= v_{CM} = 20 - 12 = 8 \text{ cm/s} \\ u_2 - v_2 &= v_{CM} = 0 - 12 = -12 \text{ cm/s} \end{aligned} \right\} \begin{aligned} u'_1 - v'_1 &= v_{CM} = 12 - 12 = 0 \\ u'_2 - v'_2 &= v_{CM} = 12 - 12 = 0 \end{aligned}$$

22. La cantidad de movimiento de una partícula es una magnitud cuya variación respecto al tiempo representa la fuerza resultante aplicada a la partícula.

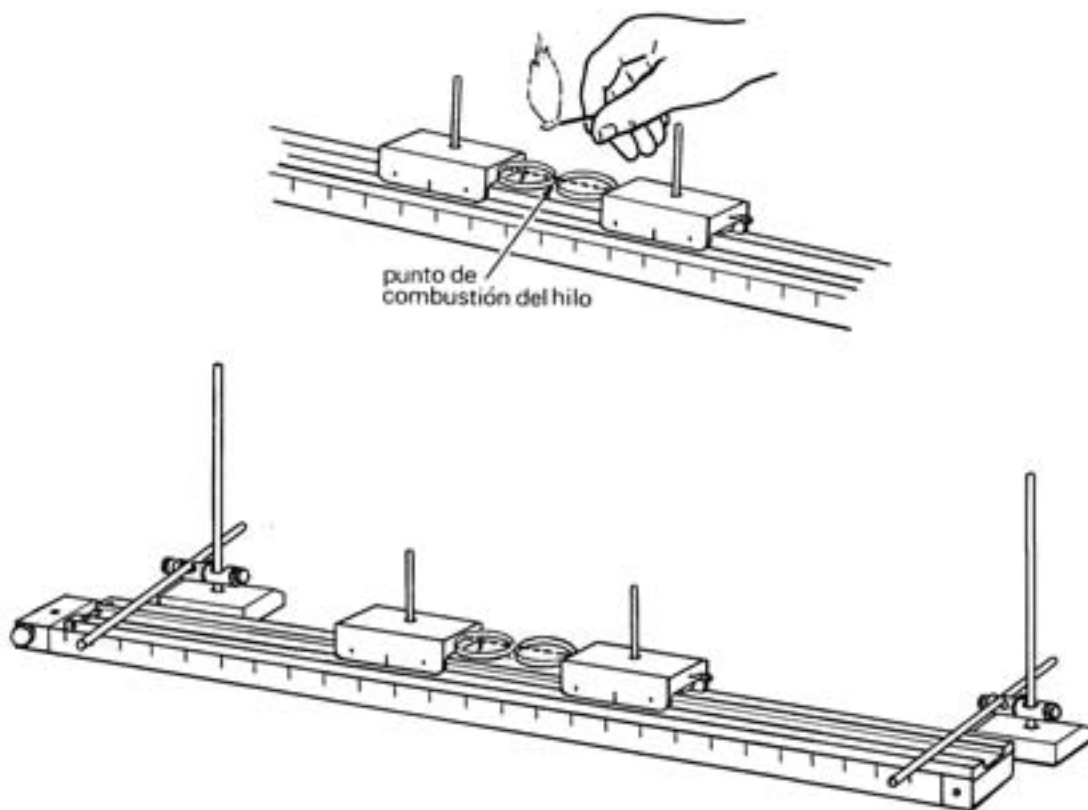
Una partícula libre (partícula no sujeta a interacción alguna o cuando tiene aplicada una resultante nula) mantiene constante su cantidad de movimiento.



ACTIVIDAD 22.2.**IMPULSO Y CANTIDAD DE MOVIMIENTO. CHOQUES CON CARROS**

En esta actividad es conveniente seguir el procedimiento de colocar los dos carritos con sus flejes parachoques comprimidos, uno contra el otro, y enlazados por medio de un hilo, para no tener que sujetar con las manos, y evitar así desequilibrios a la hora de su separación tras su interacción. Quemando el hilo con cuidado, por su centro, con una cerilla, los carritos se separan con poca velocidad, pero suficiente para realizar desplazamientos y chocar con los topes situados a distancias tales que se oigan los golpes de los carritos al mismo tiempo. Esto supone realizar ensayos previos para encontrar las posiciones adecuadas.

En todos los ensayos se comprueba que la cantidad de movimiento se conserva.





ENERGÍA MECÁNICA
CAMPOS CONSERVATORIOS
Actividades 23, 24 y 25



FUNDAMENTO TEÓRICO:

Todo cuerpo, por su situación en el campo gravitatorio terrestre, posee energía potencial, según la altura que posee respecto a un nivel de referencia, elegido arbitrariamente para el análisis de su situación.

La energía es la capacidad que posee un cuerpo para realizar trabajo, y se mide en Julios en el SI. Cuando un cuerpo se desplaza libremente en el campo gravitatorio terrestre, lo hace merced a la fuerza gravitatoria que la Tierra ejerce sobre él, es decir, a su propio peso $P=m \cdot g$. El trabajo que realiza será el producto del peso por el desplazamiento o altura respecto al sistema de referencia: mgh .

Este es precisamente el valor de la energía potencial gravitatoria.

Esta energía potencial se transforma en energía cinética o de movimiento, cumpliéndose el principio de conservación de la energía mecánica:

$$mgh = \frac{1}{2} m \cdot v^2$$

El segundo miembro representa la energía cinética, cuyo valor depende de la velocidad del cuerpo.

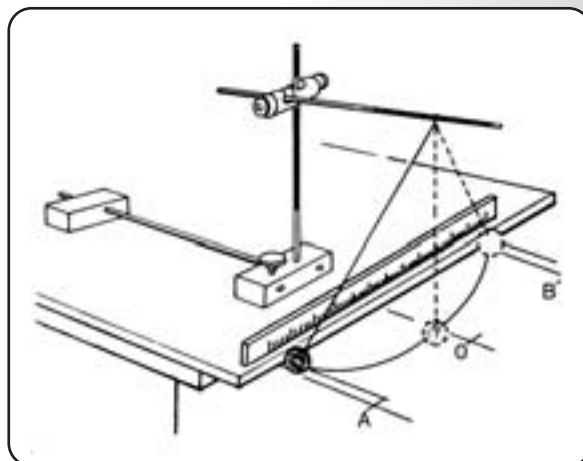
La energía mecánica, suma de la energía cinética y la potencial de un sistema aislado (Sistema sobre el que la resultante de todas las fuerzas aplicadas es nula) se mantiene constante.

Cuando un cuerpo cae, en el campo gravitatorio terrestre, conserva su energía, de forma que la energía potencial que posee a cierta altura se transforma en energía cinética al recorrer dicha altura.

OBSERVACIONES (CONSERVACIÓN DE LA ENERGÍA):

Cuando el péndulo es llevado a la posición A, gana energía potencial. Al soltar la bola y dejarla oscilar adquiere energía cinética, de tal modo que en la posición O no posee energía potencial (nivel cero de referencia), sino sólo energía cinética en su máximo valor. La mayor velocidad del péndulo es la que posee al pasar por dicha posición de equilibrio. En la posición B, toda la energía cinética se transforma en potencial. En esta posición no posee energía cinética, es decir, la velocidad es nula (pues invierte su movimiento).

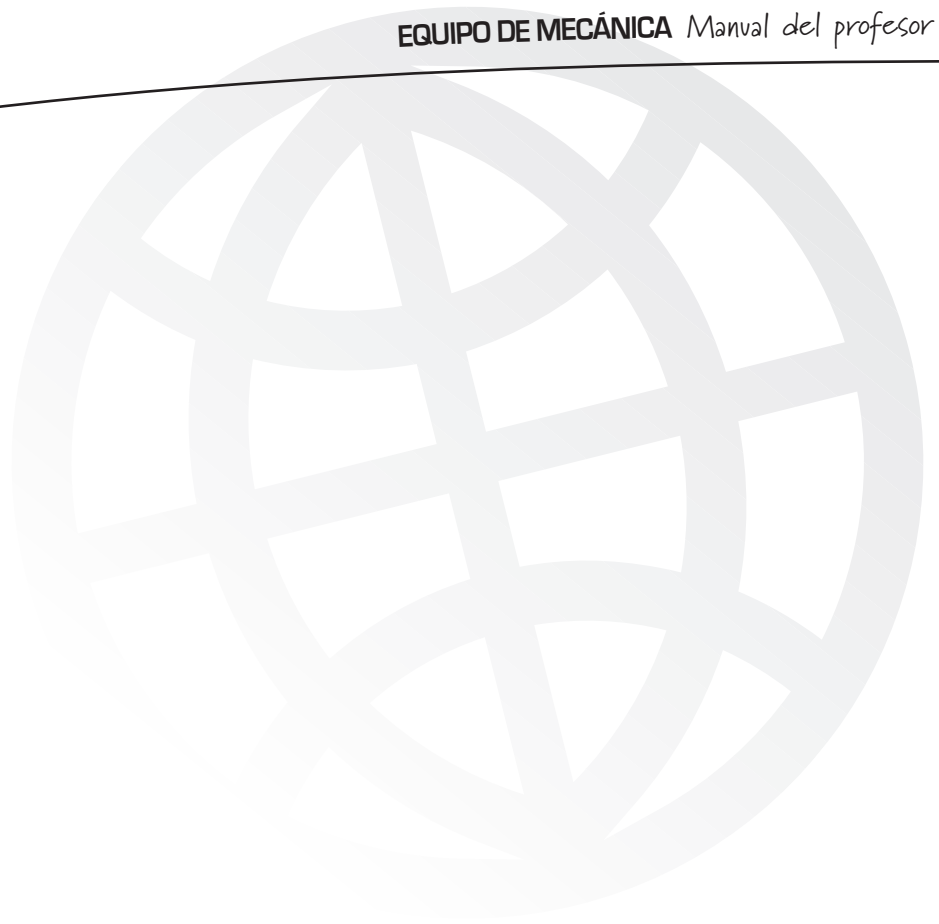
La amplitud de oscilación, del péndulo en la posición B es igual a la que posee en A, lo que demuestra que la bola conserva toda la energía disponible. Se cumple el principio de conservación de la energía.



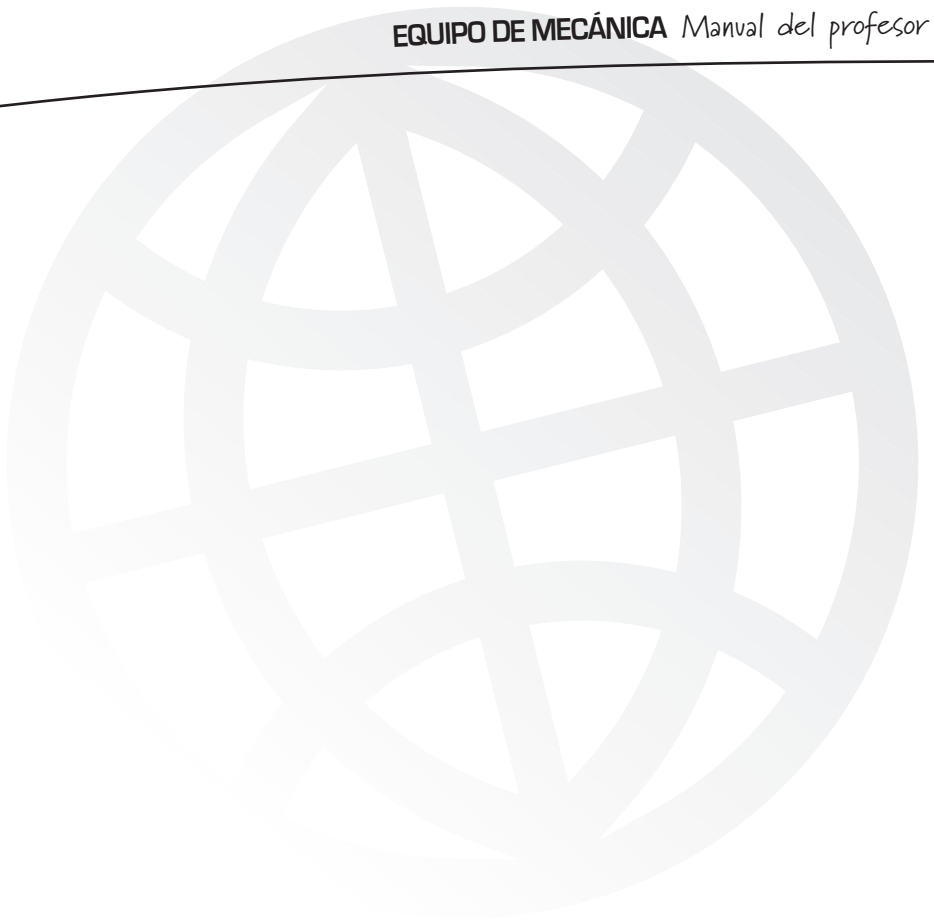
La bola irá perdiendo amplitud por causa del rozamiento con el aire y con la varilla-eje, perdiéndose energía mecánica por transformación en energía calorífica.

En la actividad realizada con los carritos (25-III) si se pone el segundo carrito en la posición 90 aproximadamente, a la mitad del recorrido del primer carrito en el primer ensayo realizado, proporcionándole la misma fuerza, al ser golpeado por el primero, éste quedará quieto, y el segundo se desplazará hasta aproximadamente la posición 60. Es decir, recorrerá la otra mitad de recorrido.

De toda la energía cinética disponible del primer carrito, la mitad la ha gastado en llegar al segundo, y la otra mitad la ha comunicado a éste. Ello demuestra que las pérdidas por rozamiento de los carritos al moverse por el plano son mínimas.



**DINÁMICA DEL MOVIMIENTO ARMÓNICO.
PÉNDULOS**
Actividades 26.1 y 26.2



ACTIVIDAD 26.1 PÉNDULO SIMPLE**OBSERVACIONES:**

Detalle de la posición inicial del péndulo.

En el montaje del péndulo simple debe cuidarse que sea el hilo el que intercepte la radiación infrarroja de la barrera fotoeléctrica. Inicia/mente la posición del péndulo debe ser tal que se observe iluminado el LED, en color rojo, de la barrera. Y, desde esa posición central, llevar el péndulo a un extremo de pequeña amplitud, pues no es conveniente dejarlo oscilar con ángulos grandes, y dejarlo oscilar. La longitud del péndulo debe ser lo más grande posible (al menos, superior a 50 cm.). Con el contador digital medir el período.

De todas formas, al calcular la aceleración de la gravedad de los márgenes de error o imprecisión se pueden determinar indirectamente, teniendo en cuenta que al ser:

$g = 4\pi^2 \cdot \frac{l}{T^2}$, los errores relativos estarán relacionados según:

$$\frac{\Delta g}{g} = \frac{\Delta l}{l} + 2 \frac{\Delta T}{T}$$

de donde se puede deducir el error absoluto: Δg , para llegar a expresar correctamente la medida: $g \pm \Delta g$, donde consideraremos que los errores absolutos de la longitud y del período corresponden, respectivamente, al límite de apreciación de la regla y del cronómetro utilizado.

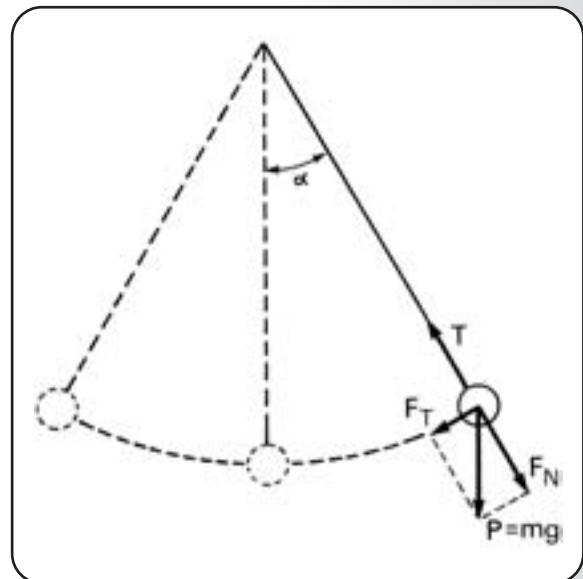
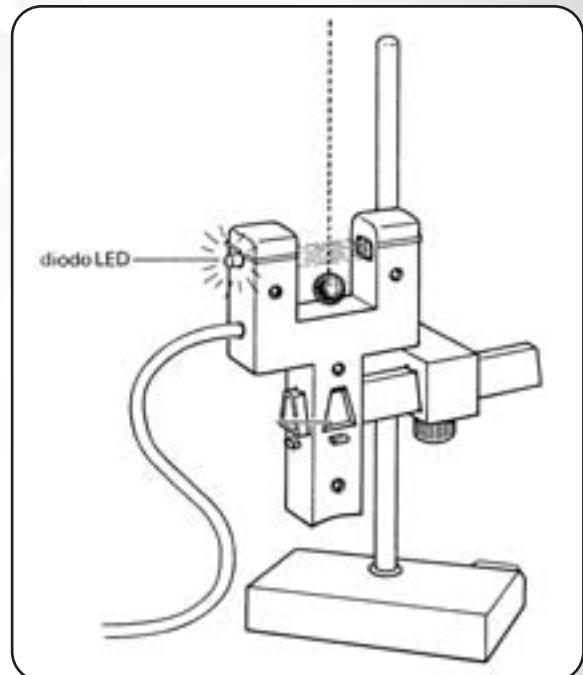
Las fuerzas que actúan sobre la esfera del péndulo cuando se halla en un extremo son su peso y la tensión del hilo. El peso se descompone en la fuerza F_N (normal a las oscilaciones) y la F_T (tangencial a las mismas):

$$F_N = mg \cos \alpha$$

$$F_T = mg \sin \alpha$$

De tal forma que:

$T = F_N = mg \cos \alpha$, y $F_T = mg \sin \alpha = m \frac{v^2}{R}$, siendo R la longitud del péndulo.



ACTIVIDAD 26.2 PÉNDULO COMPUESTO**FUNDAMENTO TEÓRICO:**

A un cuerpo rígido, que puede girar libremente en torno de un eje fijo horizontal O, que no pasa por su centro de gravedad G, se le da el nombre de péndulo físico o compuesto.

La fórmula que expresa el período de un péndulo compuesto es:

$$T=2\pi\sqrt{\frac{I}{mgd}}, \text{ y para un péndulo simple}$$

$$T=2\pi\sqrt{\frac{I}{g}}$$

Comparando esta fórmula con la del péndulo simple,

$$T=2\pi\sqrt{\frac{I}{mgd}} = 2\pi\sqrt{\frac{d^2 + k^2}{g \cdot d}}$$

resulta que el período de un péndulo compuesto equivale al de otro simple cuya longitud sea $l = \frac{I}{g}$ donde l es la longitud reducida del péndulo compuesto.

OBSERVACIONES:

Como péndulo físico se utiliza una varilla del sistema de rotación [52]. Si con el uso de las barreras el grosor de la varilla introduce error, adaptar un índice delgado para tomar medidas.

El centro de gravedad de la varilla metálica [péndulo compuesto] se puede determinar balanceándola, sin el sistema de suspensión, sobre el filo de una cuchilla horizontal, como el canto de una regla, hasta lograr el equilibrio.

El péndulo se hace oscilar, colocando el eje de suspensión en la primera posición marcada, determinando el período de oscilación.

Al utilizar la barrera fotoeléctrica, el extremo del péndulo debe situarse inicialmente interceptando la barrera de manera que se ilumine el LED de color rojo. Y desde esa posición central debe llevarse a un extremo, a unos 25 cm., y dejarlo oscilar.

La gráfica que se obtiene está constituida por dos curvas asintóticas al eje de ordenadas, para posiciones a un lado u otro del centro de gravedad. Pero basta a un solo lado. La curva presenta dos mínimos.

En la gráfica se determina la distancia para la cual se obtiene un mínimo del período en la curva, que es un valor aproximado del radio de giro K, como se puede demostrar a partir de la expresión.

[donde el valor mínimo de T se presenta cuando $d=K$]

Para obtener un valor más exacto del radio de giro representar d^2 en abscisas y $d \cdot T^2$ en ordenadas. ajustar una recta a los puntos experimentales.

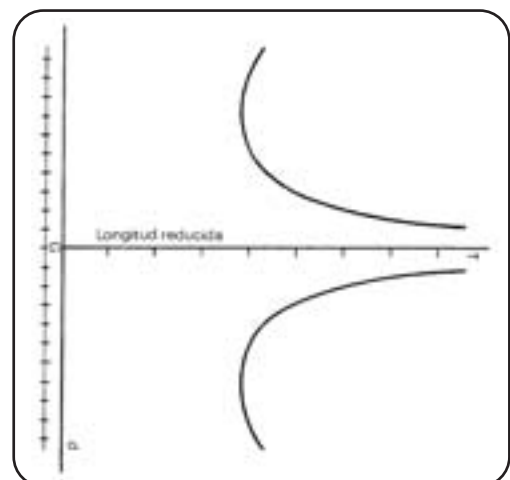
La ecuación de la recta será de la forma:

$$y=ax+b; \text{ por tanto, } d \cdot T^2 = ad^2 + b$$

$$\text{donde } a = \frac{4\pi^2}{g}, \text{ y } b = \frac{4\pi^2}{g} \cdot k$$

como se deduce de la ecuación del período.

Sobre esta gráfica, determinar la pendiente a y la ordenada b, y calcular a partir de esos valores los de g y K.



PÉNDULO REVERSIBLE

A todo eje de suspensión de un péndulo compuesto corresponde un punto conjugado llamado centro de oscilación tal que, si el péndulo se invierte y se le suspende de un eje paralelo al anterior y que pase por el centro de oscilación, el período es el mismo. En efecto, el período del péndulo compuesto al oscilar alrededor de C, viene dado por:

$$T=2\pi\sqrt{\frac{d + k^2/d}{g}}$$

donde d=distancia desde el eje de suspensión al centro de gravedad del péndulo, k=radio de giro del péndulo respecto de un eje paralelo al de suspensión y que pasa por su centro de gravedad, y g=aceleración de la gravedad.

Si consideramos otro punto C' (fig. 1), situado en la línea CG, al otro lado del centro de gravedad y a una distancia de éste $d'=2/d$, al oscilar el péndulo alrededor de un eje paralelo al anterior y que pase por C, el período será:

$$T'=2\pi\sqrt{\frac{d' + k^2/d'}{g}}$$

y teniendo en cuenta el valor de d' , resulta para el período el mismo valor que en la ecuación inicial.

El péndulo de Kater consiste en una barra que lleva dos cuchillas o marcas, C y C', y dos masas adicionales, M y M' que pueden deslizarse a lo largo de la misma, y con las que podemos modificar a voluntad la posición del centro de gravedad del conjunto.

Si desplazamos las masas, M y M', hasta conseguir que los períodos de oscilación sean los mismos cuando suspendemos el péndulo de una u otra cuchilla o marca esto es, que los puntos C y C' sean, respectiva y recíprocamente, ejes de suspensión y de oscilación, bastará con medir el período común y aplicar:

$$T=2\pi\sqrt{\frac{d}{g}}$$

Es posible que, en el experimento, no consigamos obtener períodos exactamente iguales al suspender el péndulo de uno u otro eje, pero sí bastantes aproximados. En este caso, podemos obtener g mediante la expresión:

$$T = \frac{8\pi^2 L}{T^2 + T'^2}$$

donde T y T' son los períodos de oscilación correspondientes a los ejes C y C', respectivamente.

Para obtener la ecuación anterior se escriben los valores de los períodos T y V:

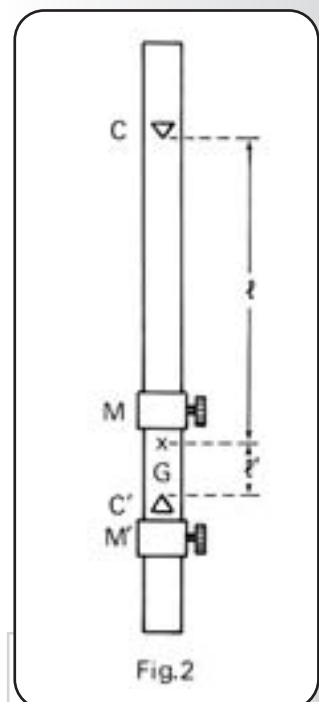
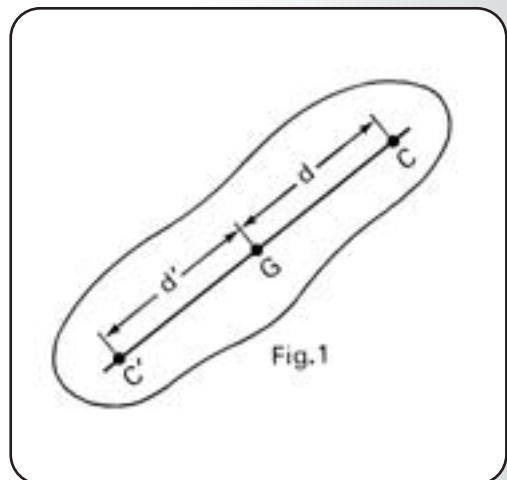
$$T=2\pi\sqrt{\frac{l + k^2/l}{g}} \quad T'=2\pi\sqrt{\frac{l' + k^2/l'}{g}}$$

se elevan al cuadrado estas expresiones y se elimina k^2 entre ellas, y donde $d+d'=L$

A continuación se indican unos resultados que, aunque no coincidan con los datos exactos que se puedan obtener sirven de orientación.

Posición C	Posición C'
T. 1.-T=2,04 s.	T. 1.-T=2,02 s.
2.-T=2,04 s.	2.-T=2,02 s.
3.-T=2,04 s.	3.-T=2,02 s.
4.-T=2,04 s.	4.-T=2,02 s.
5.-T=2,04 s.	5.-T=2,02 s.

50 T = 102 seg.	50 T' = 1,01 seg
T = 2,04 seg	T' = 2,02 seg
T ² = 4,16 seg ² .	T' ² = 4,08 seg ² .
L = 1 m.	g = 9,6 m/seg. ²



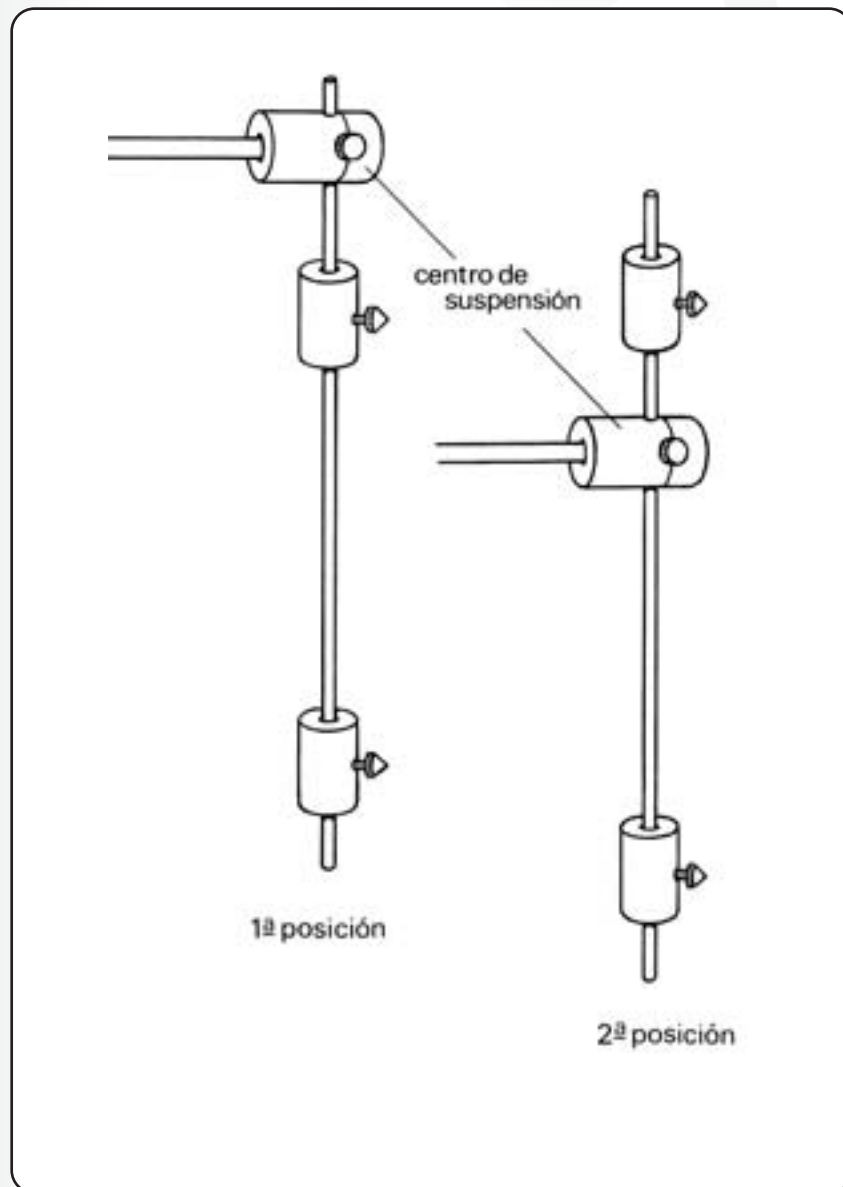
ACTIVIDAD 26.2 PÉNDULO COMPUESTO

EXPERIENCIA ADICIONAL:

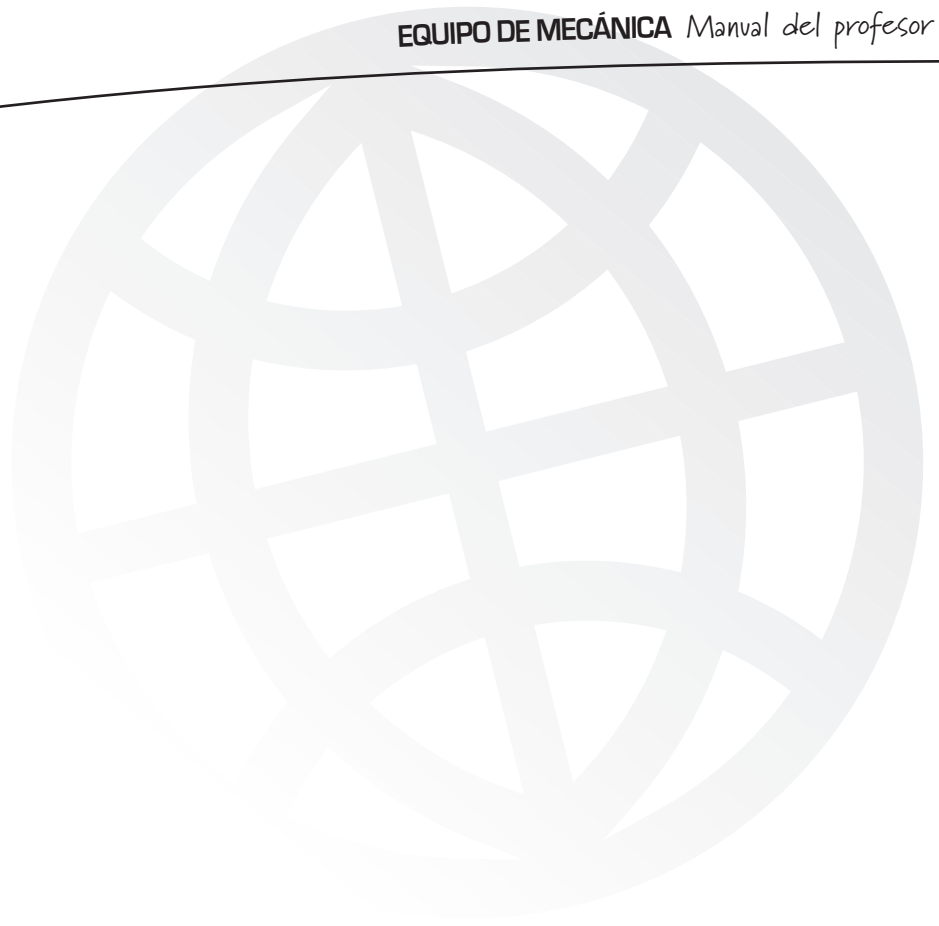
Utilizando una varilla soporte metálica del equipo podemos realizar la experiencia del péndulo reversible, midiendo el tiempo de varias oscilaciones para la primera posición indicada en las figuras y después para la segunda posición. Calcular el período de oscilación en el primer caso, T_1 y después para el segundo, T_2 . Medir la distancia del centro de suspensión al centro de gravedad de la varilla, en ambos casos: d_1 y d_2 . Calcular la aceleración de la gravedad aplicando:

$$T = 4\pi^2 \cdot \frac{d_1^2 - d_2^2}{T_1^2 d_2 - T_2^2 d_1}$$

ecuación que se puede deducir de la fórmula del péndulo físico aplicada a los dos casos de oscilación del péndulo reversible.



**DINÁMICA DEL MUELLE.
FUERZAS Y DEFORMACIONES**
Actividades 27.1, 27.2 y 28



ACTIVIDAD 27.1. LEY DE HOOKE**OBJETIVOS:**

1. Encontrar la relación entre las fuerzas que deforman un muelle y los alargamientos producidos (Método inductivo).
2. Representar gráficamente las fuerzas frente a los alargamientos.

OBSERVACIONES:

Siguiendo el método científico se trata de encontrar una ley que relacione los pesos colgados de un muelle y los respectivos alargamientos producidos.

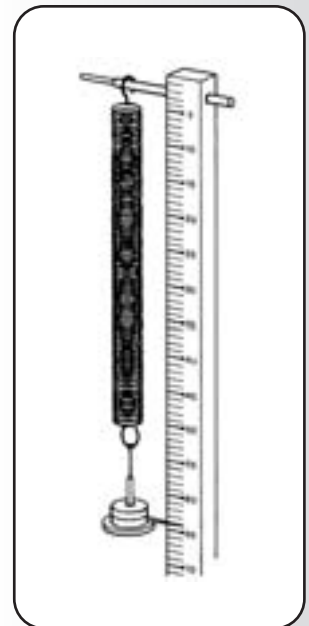
Al realizar el montaje, procurar que el índice del muelle quede próximo a la escala de la regla. Para realizar las lecturas situar la visual frente al índice a fin de no cometer error de paralaje.

No es necesario regular la altura del muelle, ni situar el extremo superior del muelle frente al cero de la escala, pues sólo se trata de efectuar lecturas y luego calcular diferencias entre cada lectura y la inicial.

Completar la tabla, teniendo en cuenta el peso del portapesas y realizar los cálculos indicados.

Realizar el montaje según se indica en la guía del alumno.

A continuación se completa una tabla, sólo a modo de orientación o ejemplo:



MEDIDAS	INCLUIDO PORTAPESAS Y PESAS (g-peso)	LECTURAS (cm)	ALARGAMIENTOS $X=d-d_0$ (cm)	F/X $\left(\frac{\text{g-peso}}{\text{cm}}\right)$
1. ^a	0	$d_0=40$	0	—
2. ^a	20	$d_1=41,2$	1,2	16,6
3. ^a	40	$d_2=42,5$	2,5	16,0
4. ^a	90	$d_3=45,5$	5,5	16,4
5. ^a	140	$d_4=48,4$	8,4	16,6

Los cocientes de la última columna son aproximadamente constantes. De todas formas tomaremos el valor medio: $K=16,4 \text{ g-peso/cm}$. para hallar la constante de proporcionalidad entre fuerzas o pesos y alargamientos.

Al representar gráficamente las fuerzas o pesos (en ordenadas) y los alargamientos (en abscisas) se obtiene la siguiente gráfica (para los datos hipotéticos de la tabla).

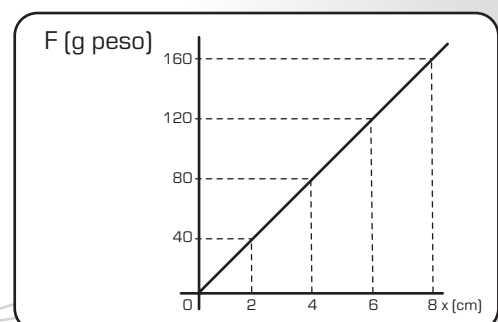
Se obtiene una línea recta, como corresponde a una proporcionalidad directa.

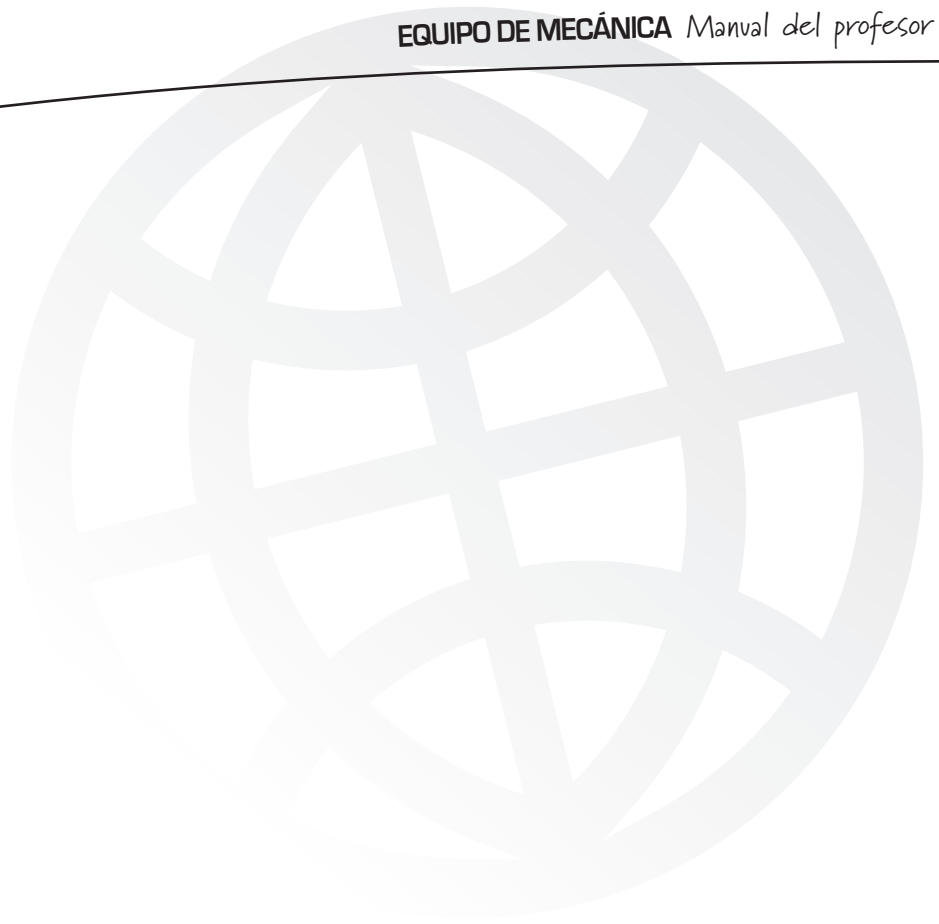
Al interpolar para hallar la fuerza que produce un alargamiento de 6 cm., situar al lápiz en el punto 6 de la abscisa y, con una regla, trazar una línea recta vertical hasta cortar la gráfica. Desde el punto de corte, trazar una horizontal hasta llegar al eje de ordenadas. Este punto de corte nos dará la fuerza buscada.

También, por sustitución en la ecuación que expresa la ley, se puede calcular F conocido un valor de X o viceversa.

La ley obtenida es: $\frac{F}{X} = K$

$F=K \cdot X$ Ley de Hooke, que se enuncia así: «las fuerzas deformadoras de un muelle son directamente proporcionales a los alargamientos producidos».





ACTIVIDAD 27.2. RELACIÓN PERÍODO-MASA

Otra cuestión planteada en estas actividades es la determinación experimental del período de oscilación con una determinada masa colgada del muelle. Se utiliza el contador digital con barreras.

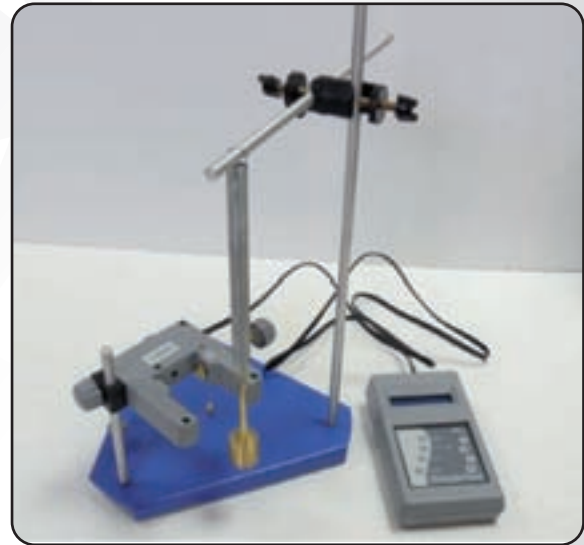
Primero se sitúa el índice en el centro de la barrera, iluminándose el LED de color rojo, y así se sabe el centro de las oscilaciones. Después se tira suavemente del portapesas y se deja oscilar. Cuidar que el índice no toque la horquilla de la barrera. Tras algún desequilibrio se estabiliza su movimiento vertical y se puede iniciar la medida del tiempo o período, según el modo seleccionado en el contador digital.

El objetivo de esta experiencia es la determinación de la relación entre la masa suspendida de un resorte vertical y su período de oscilación. El método consiste en suspender el portapesas [cuya masa se anota] del extremo del muelle e ir agregando las pesas necesarias para ir completando masas totales de, por ejemplo, 50 g, 100 g, 150 g., 200 g. [según el muelle utilizado]. Se trata de medir el tiempo que tarda en realizar 20 oscilaciones. Y así se determina el período de oscilación para cada masa. Se observa que al duplicarse la masa el valor del período no se duplica. Como T varía menos, se prueba con T^2 y se observa ahora que si la masa se duplica también lo hace T^2 . Existe, pues, una relación directa entre T^2 y m . Se trata de buscar la supuesta constante de la «ley» $T^2 = c \cdot m$. Para lo cual se divide el cuadrado del período por la masa y se observa que prácticamente los cocientes son constantes, dentro de los márgenes de error.

También se observa que si se tiene en cuenta un tercio de la masa del muelle, para sumar a la masa de las pesas colgadas, la constante de la relación T^2/m es mayor.

Al representar gráficamente $T = f(m)$ resulta una parábola de eje horizontal, y al representar $T^2 = f(m)$ se obtiene una recta, como corresponde a una proporcionalidad directa.

A continuación se expresan unos resultados hipotéticos:



$m(g)$	$t(s)$	$T = \frac{t}{20} (s)$	T^2	T^2/m
50	24,0	1,20	1,44	0,028
100	33,4	1,67	2,80	0,028
150	41,2	2,06	4,20	0,028
200	46,0	2,30	5,50	0,027



DINÁMICA DE ROTACIÓN.

FUERZA CENTRÍPETA.

MOMENTOS DE INERCIA

Actividades 29.1, 29.2, 29.3, 30, 31, 32

33.1, 33.2, 33.3 y 33.4



DINÁMICA DE ROTACIÓN. MOMENTO DE INERCIA. FUERZA CENTRÍPETA

FUNDAMENTO TEÓRICO:

Cuando un móvil de masa «m» describe una trayectoria circular, su velocidad v cambia continuamente de dirección y, en consecuencia, se halla sometido a una aceleración normal a la trayectoria. Por aplicación de la segunda Ley de Newton $F=m \cdot a$, resulta que la fuerza a la que se halla sometido viene dada por $F=ma_N = mv^2/r$, donde a_N es la «aceleración normal o centrípeta». De ahí, que se atribuya a esa fuerza el nombre de «Fuerza centrípeta».

Aparte de esta aceleración normal, el móvil que gira puede estar sometido a una aceleración angular, debido a que su velocidad angular varía con el tiempo. Pero los cuerpos poseen una magnitud que ofrece cierta resistencia a girar, es el momento de inercia. [Así como en la traslación, la inercia viene representada por la masa del cuerpo.]

Se puede comprobar que si el cuerpo se somete a diferentes fuerzas, cuyos momentos respecto al eje de giro son: $M_1, M_2, M_3, \dots$, el cuerpo adquiere unas aceleraciones angulares:

$$\frac{M_1}{\alpha_1} = \frac{M}{\alpha_1} = \dots = I, \text{ es decir } \boxed{M=I \cdot \alpha}$$

fórmula equivalente a la ecuación fundamental de la dinámica: $F=ma$.

El momento de inercia de un cuerpo geométrico regular se puede determinar por aplicación de:

$I = \sum m_i \cdot r_i^2$ si las masas se distribuyen de forma discreta, y:

$I = \int r^2 dm$ si la distribución es continua y uniforme. Por ejemplo:

El teorema de Steiner permite calcular el momento de inercia de un cuerpo respecto a un eje, conocido el momento de inercia respecto a otro eje paralelo que pasa por el centro de gravedad.

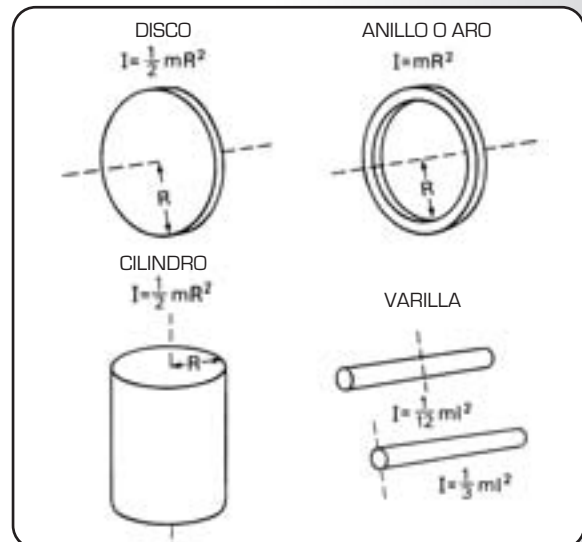
$I = I_{\text{c.d.g.}} + M \cdot d^2$, donde «d» es la distancia entre ambos ejes paralelos y M la masa total del cuerpo.

El momento cinético, o angular, de un sistema que gira alrededor de un eje con una velocidad angular viene dado por:

$L = I \cdot \omega$ donde I es el momento de inercia del sistema respecto del eje de giro.

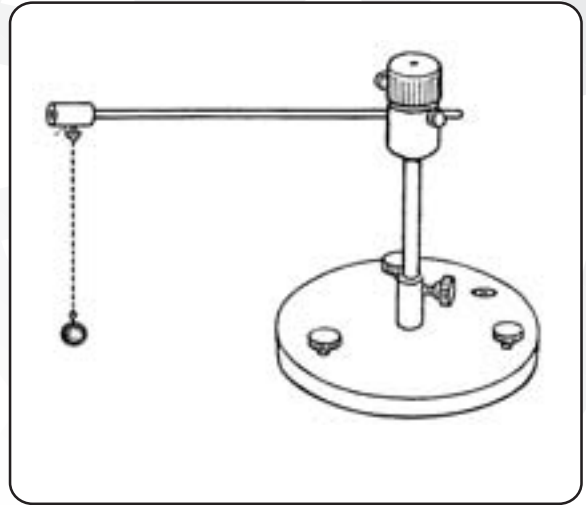
Si se considera el sistema aislado, no sometido a fuerzas exteriores: $L = \text{constante}$.

el momento cinético se conserva: $I_1 \cdot \omega_1 = I_2 \cdot \omega_2$



ACTIVIDADES 29.1 (I) y (II). FUERZA CENTRÍPETA**OBSERVACIONES:**

Para determinar la fuerza centrípeta a que se halla sometido un sistema en rotación y comprobar que es directamente proporcional al cuadrado de la velocidad angular, se realiza el montaje indicado en la figura, situando la masa desplazable fija en el extremo y colgando una bola de plástico. Al girar el sistema, con ayuda del portapesas colgado de una polea o del motor, la bola tiende a desplazarse hacia afuera. También se podría realizar con otra masa sin atornillar cerca del centro de giro, en lugar de la bola de plástico. Al girar fuertemente la varilla, la masa más cercana al centro se desplazaría hacia el extremo, pues por inercia y al girar tiende a salir por la tangente a la trayectoria circular, aunque para un observador situado en el sistema en rotación parecería que la masa se halla sometida a una fuerza centrífuga que sale radicalmente hacia afuera, pero no ocurre así realmente. La fuerza de inercia [centrífuga] es ficticia.



El tiempo que tarda la varilla en dar un número determinado de vueltas puede ser medido usando manualmente el cronómetro electrónico.

Si se soltara el hilo con la bola, ésta saldría por la tangente a la órbita circular de giro, debido a su propia inercia.

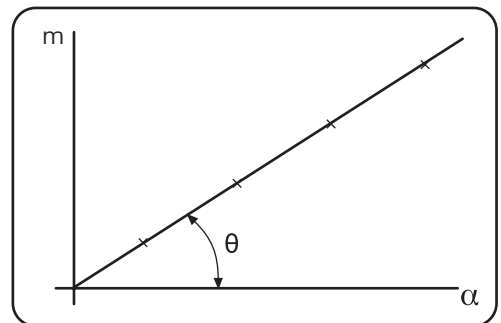
Aunque el movimiento de rotación sea uniforme ($\omega = \text{cte}$) habrá aceleración normal, pues el vector velocidad cambia de dirección. La resultante de las fuerzas que actúan sobre la bola en el sentido del centro de rotación es F_c , y equivale a la componente horizontal de la tensión de la cuerda.

ACTIVIDAD 29.2. MOMENTO DE INERCIA**OBSERVACIONES:**

En la actividad de determinación del momento de inercia de la varilla del sistema de rotación alrededor de un eje normal por su centro, el movimiento de la varilla es uniformemente acelerado, con velocidad angular nula. La ecuación a aplicar es $\varphi = 1/2 \alpha t^2$ siendo el desplazamiento angular 10.2 rad , pues se mide el tiempo que tarda en dar diez vueltas, y a la aceleración angular.

De ahí que:

$$\alpha = \frac{2[2\pi \cdot 10]}{t^2}$$



El momento de inercia se mantiene constante.

Si se representan gráficamente los momentos, debidos a todas las fuerzas aplicadas, en ordenador, y las aceleraciones angulares correspondientes en abscisas se obtendrá una recta cuya pendiente es el momento de inercia de la varilla.

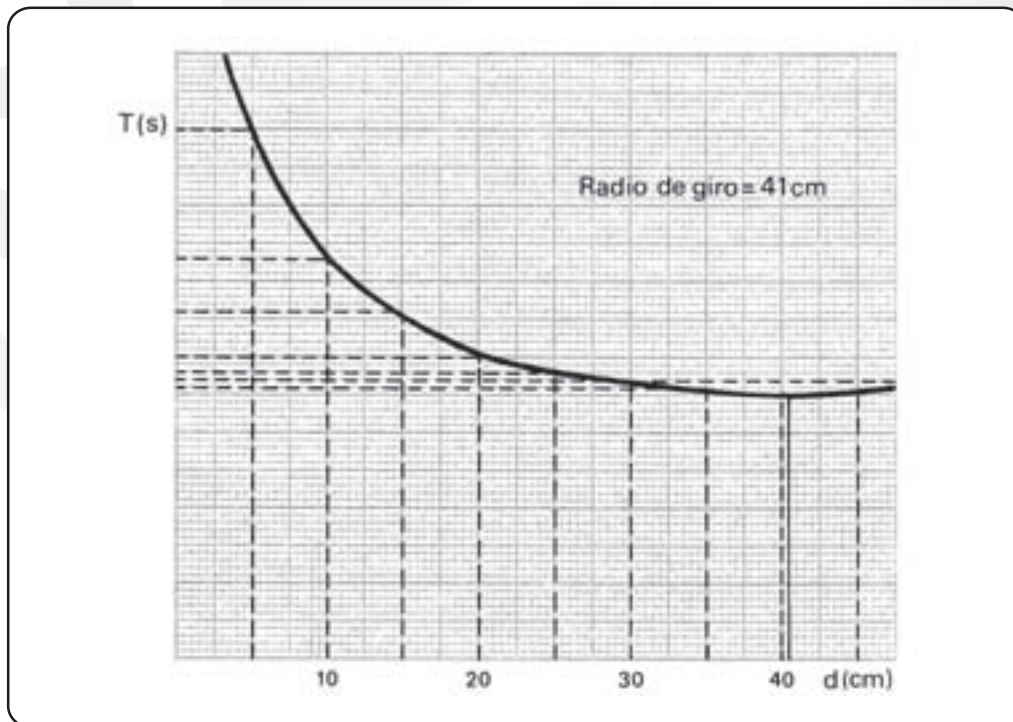
Se comprueba, pues, que los momentos de las fuerzas son directamente proporcionales a las aceleraciones angulares, y que la constante de proporcionalidad es el momento de inercia:

$$M = I \alpha$$

Expresión del «principio fundamental de la Dinámica de rotación».

ACTIVIDAD 31. MOMENTO DE INERCIA DEL PÉNDULO FÍSICO

La experiencia se puede repetir para otros puntos de suspensión del péndulo. Al representar gráficamente en abscisas los valores de las distancias entre los centros de suspensión y el centro de gravedad, y en ordenadas los períodos correspondientes se obtiene una curva de la forma que indica la figura. Esta curva presenta un mínimo para un cierto valor de esa distancia que coincide con el valor del radio de giro del péndulo. Así que, midiendo sobre la gráfica, el valor de esa distancia que corresponde al mínimo de la curva, determinaremos el radio de giro indicado.

**ACTIVIDADES 33.1, 33.2, 33.3 y 33.4. PÉNDULO DE TORSIÓN****FUNDAMENTO:**

Constante de torsión. Si se suspende un cuerpo de un alambre y se le gira un pequeño ángulo alrededor del eje de suspensión, al dejarlo en libertad oscila con un movimiento armónico cuyo período viene dado por la expresión:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{I}{K}}$$

donde T = Período de oscilación.

I = Momento de inercia del sistema alrededor del eje de rotación y

K = Constante de torsión del alambre, o relación entre el par recuperador y el desplazamiento angular.

La constante de torsión depende de las dimensiones del alambre y de su módulo de rigidez:

$$K = \frac{\pi D^4}{32L} \mu$$

donde L = longitud del alambre,

D = Diámetro del mismo y

μ = Módulo de rigidez.

De la primera ecuación, midiendo el período de las oscilaciones, podemos deducir el valor de la relación I/K, pero no I y K, separadamente. Un método para resolver este problema puede ser el siguiente:

Añadimos al sistema un cuerpo cuyo momento de inercia I₀ respecto al eje de rotación del mismo sea conocido y hagámoslo oscilar. El nuevo período de oscilación viene dado por:

Eliminando K entre las ecuaciones primera y tercera se obtiene:

$$I = I_0 \frac{T^2}{T_0^2 - T^2}$$

y eliminando I entre las dos mismas ecuaciones:

$$K = 4\pi^2 \frac{I_0}{T_0^2 - T^2} \text{ y así se puede calcular } \mu$$

El péndulo de torsión está formado por un alambre metálico que lleva suspendida una barra horizontal en su extremo inferior. A uno y otro lado del punto de suspensión de la barra, y a la misma distancia de éste existen dos masas adicionales cuyo momento de inercia respecto al eje de rotación vale, en primera aproximación.

$$I_0 = 2Mr^2$$

donde M=masa de cada cilindro y r=distancia del centro de cada cilindro desplazable al eje de rotación.

ADVERTENCIAS PARA EL MONTAJE:

Para montar el péndulo de torsión ver capítulo de montajes, Sistema de Rotación.

OBSERVACIONES:

En la actividad 33.1 se comprueba que con el hilo de cobre oscilará menos el péndulo, tiene menos elasticidad por torsión. En todos los casos existe una proporcionalidad entre el ángulo girado y el momento del par aplicado, y esta propiedad se aprovecha en la fabricación de aparatos de medida: balanzas de torsión, galvanómetros, etc.

Al someter los hilos a una torsión deformante, las fibras laterales se alargarán, no así la fibra central, que permanecerá inalterada. Por eso, las piezas que van a ser sometidas a torsiones se fabrican en forma de cilindros huecos, evitando así la fibra central que no desarrolla fuerzas elásticas, la llamada «fibra neutra».

Con la actividad 33.2, donde se mide el período de las oscilaciones por torsión, se recomienda el contador digital en su modo de cronómetro.

El período de la oscilación de la varilla con las masas desplazables es mayor que sin ellas.

ACTIVIDADES 33.3 y 33.4

OBSERVACIONES:

Si el período de oscilación de la varilla horizontal de momento de inercia I_0 es T_0 , y si se añaden las masas desplazables, aumentando el momento de inercia hasta I, y el nuevo período es T.

Teniendo en cuenta que

$$T_0 = 2\pi \sqrt{\frac{I_0}{K}} ; \quad \frac{I_0}{K} = \frac{T_0^2}{4\pi^2} \quad \text{y} \quad T = 2\pi \sqrt{\frac{I + I_0}{K}} ; \quad \frac{I + I_0}{K} = \frac{T^2}{4\pi^2}$$

$$\frac{I + I_0}{K} = \frac{T^2}{4\pi^2}$$

donde T_0 y T son conocidos y por tanto, se puede calcular $\frac{I + I_0}{I_0}$, pues $I = 2 m r^2$

[según el valor de las masas desplazables y la distancia al eje de rotación]. Por tanto, se puede conocer I_0 (momento de inercia del péndulo de torsión).

Conocido I_0 se puede determinar la constante de torsión K, pues $\frac{I + I_0}{K} = \frac{T^2}{4\pi^2}$

Al final se puede calcular el módulo de rigidez del hilo metálico y el momento del par recuperador.

**ONDAS MECÁNICAS: LONGITUDINALES
Y TRANSVERSALES**
Actividades 34.1 y 34.2

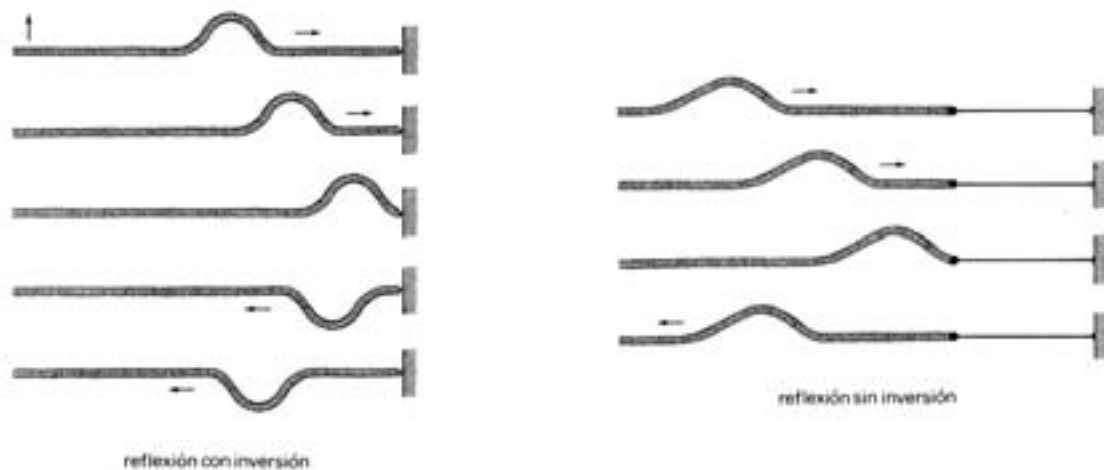


ONDAS LONGITUDINALES Y TRANSVERSALES**OBSERVACIONES:**

En el caso de la agitación lateral del extremo de la cuerda se forma un pulso, como una semionda, que se propaga transversalmente, y a mayor velocidad si se tensa más.

Es conveniente que dos alumnos mantengan el muelle por los extremos convenientemente tensado. Uno de ellos dará una sacudida longitudinalmente. La deformación u onda (realmente, pulso) se propaga a lo largo del muelle con una velocidad que depende de las características del medio, hasta llegar al extremo fijo, donde se refleja. También se puede observar que si ambos alumnos producen deformaciones simultáneamente, éstas se cruzarán sin perturbarse.

También se puede observar la reflexión de la onda y el entrecruzamiento de las ondas sin perturbarse. En el caso de la reflexión, la onda reflejada resulta invertida respecto a la incidente. Sin embargo, no se produce inversión si se une el extremo fijo de la cuerda a un lugar fijo por medio de un hilo de dos o más metros. La onda incidente se refleja volviendo por el mismo lado. En este caso se aprecia también el fenómeno de la refracción, al pasar la onda de la cuerda al hilo.





ONDAS ESTACIONARIAS

Actividades 35.1

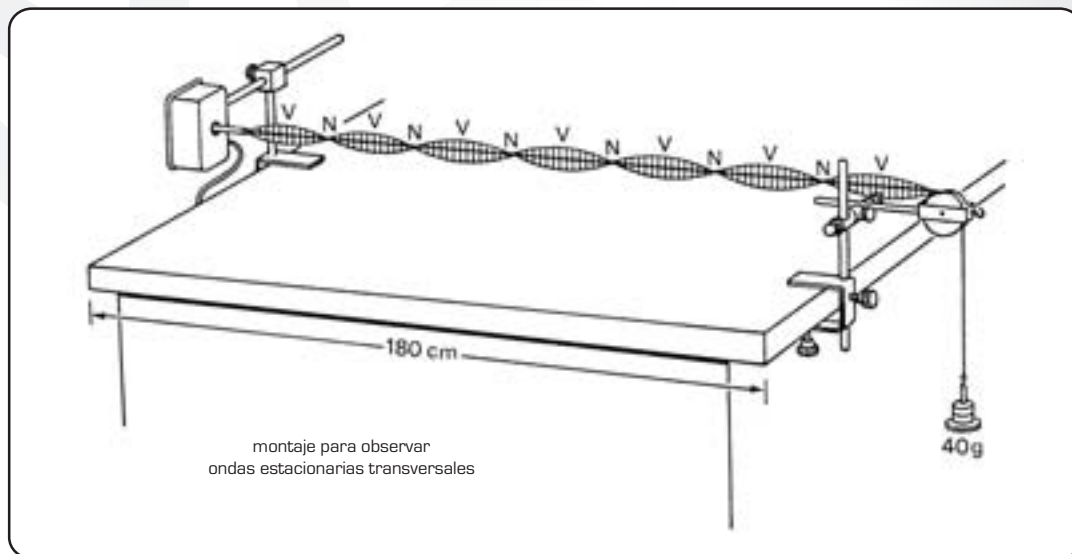


ONDAS ESTACIONARIAS

Para observar las ondas estacionarias en una cuerda, ésta es mantenida en el aire por dos alumnos, que la sostienen por los extremos. Uno de ellos produce las oscilaciones al ritmo conveniente. Según como sea de rápido el ritmo de producción de pulsos se obtendrá una onda estacionaria con un vientre en el centro o con varios.

VIBRADOR DE MELDE:

Con un vibrador de Melde se pueden observar las ondas estacionarias transversales producidas en una cuerda, hilo metálico o cordoncillo de goma. Se ata el extremo de éste al extremo de la varilla vibradora y se estira suavemente. Al conectar el vibrador a la salida de una fuente de alimentación de unos 12 V en corriente continua, el cordoncillo comienza a vibrar en resonancia con la lámina, apreciándose las ondas estacionarias, si se estira o afloja el hilo adecuadamente. Se observarán varios vientres y nodos, según la tensión aplicada con la mano o con un dinamómetro, pudiéndose comprobar que las partículas del cordón situadas en los nodos no vibran, sino que se mantienen en reposo. Para ello, tocar con el dedo un nodo y observar cómo la perturbación de la cuerda se mantiene sin afectar en nada a las ondas estacionarias, lo que prueba que éstas no son realmente ondas o perturbaciones que se transmiten, sino



situaciones estáticas de las partículas del hilo vibrador. En los vientres, cada partícula se mantiene vibrando con igual amplitud a lo largo del tiempo, la del centro con la máxima amplitud, y en los nodos las partículas no vibran.

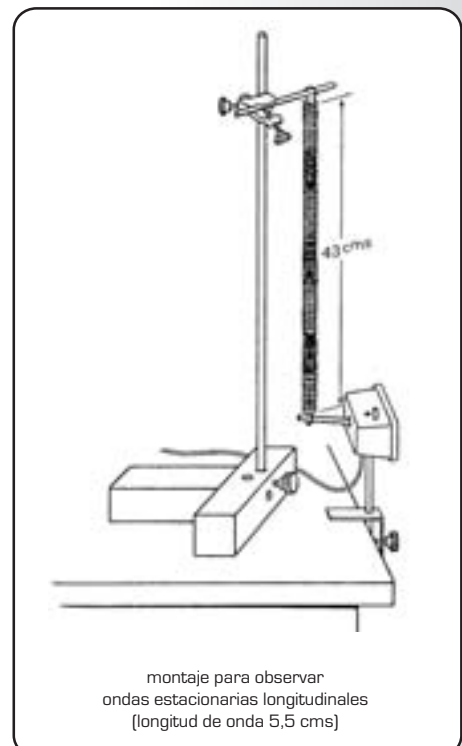
También se puede conectar la laminilla del vibrador a un muelle, situado verticalmente, para observar las ondas estacionarias longitudinales. En este caso, las partículas vibran en dirección de la longitud del muelle, pero también se aprecian nodos, es decir, anillas helicoidales del muelle que no vibran. Aparecen zonas en que se aprecia que las anillas del muelle están siempre más comprimidas y otras más alejadas, es decir, compresiones o condensaciones y dilataciones.

OBSERVACIONES:

Variando la tensión del cordoncillo de goma varía el número de nodos y vientres, e incluso la longitud de onda o distancia entre dos nodos, dejando uno intermedio, y la amplitud.

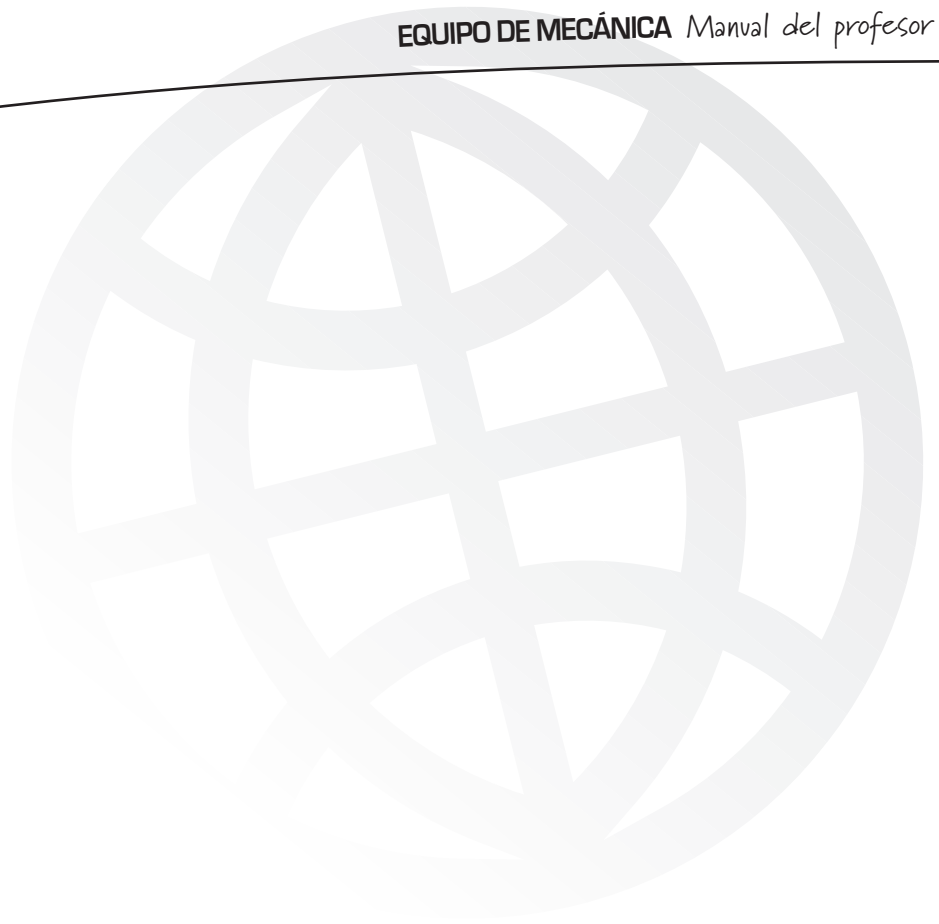
En el caso de las ondas estacionarias con el muelle podemos situar una banda de goma en el extremo inferior del muelle y observar los nodos y vientres en el extremo inferior del muelle, que ha quedado libre.

Se observa también que las ondas varían si se acorta o alarga la longitud del hilo de goma o del muelle.





EL SONIDO. VELOCIDAD Y FRECUENCIA
Actividades 36, 37, 38, 39.1 y 39.2



ACTIVIDAD 36. EL SONIDO: ORIGEN**OBSERVACIONES:**

En estas actividades se comprueba que se origina el sonido al hacer vibrar una cuerda o la rama de un diapasón.

Al golpear una de las ramas del diapasón con el martillo o mazo, se capta un sonido característico (la nota «la» de la escala musical, de frecuencia 440 Hz) que se mantiene durante algún tiempo.

La perturbación sonora efectuada por el diapasón vibrante se transmite por el aire, haciendo vibrar las partículas gaseosas del mismo, hasta llegar al oído humano.

El tímpano comienza a vibrar y las vibraciones se transmiten al oído interno por medio de los huesecillos (martillo, yunque, lenticular y estribo) del oído medio. La onda o perturbación afecta a las terminaciones nerviosas del caracol, comunicándose al cerebro, donde se obtiene la sensación fisiológica de sonido.

Al situar una de las ramas junto a la bolita ligera, se observa cómo ésta comienza a vibrar u oscilar. Las vibraciones del diapasón se transmiten a la bolita.

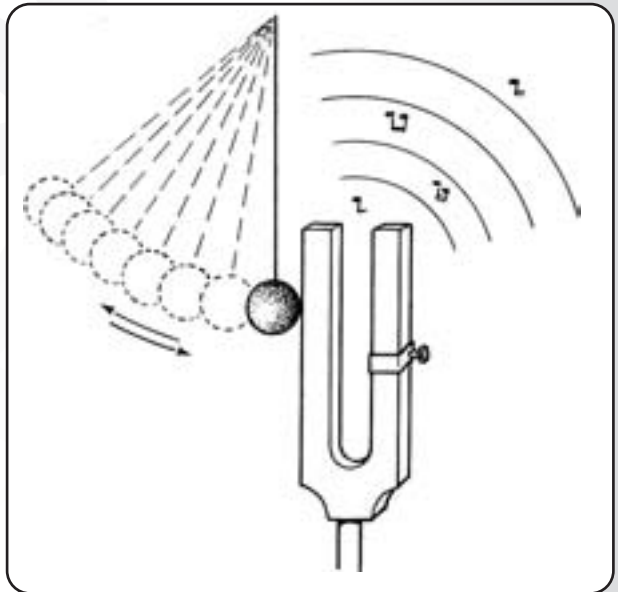
Tocando con los dedos las ramas del diapasón, cesa el sonido, pues las vibraciones se amortiguan. Si entonces se acerca el diapasón a la bolita, ésta no oscila. Esto pone de manifiesto que el sonido es causado por las vibraciones del diapasón.

Al cambiar de posición la masa desplazable se observa un sonido de tono algo distinto. El diapasón no vibra ahora con la misma frecuencia que antes, es decir, no realiza el mismo número de vibraciones por segundo.

Al analizar el sonido producido al hacer vibrar una cuerda se observa que el tono del mismo depende de la tensión aplicada a dicha cuerda, de tal manera que al estirar la cuerda, el sonido emitido resulta más agudo, es decir, de tono más alto.

También se puede comprobar que el tono se hace más grave si la longitud de la cuerda es mayor. Para ello debe mantenerse la misma fuerza aplicada como tensión de la cuerda;

Se puede conseguir oír sonidos correspondientes a la escala musical, que se distinguen por su diferente frecuencia de vibración.



ACTIVIDADES 37 Y 38**RESONANCIA E INTERFERENCIA ACÚSTICAS**

Los objetivos serían: Observar cómo el sonido emitido por un diapasón hace vibrar a otro, por resonancia, definir el decibelio como unidad de sensación sonora y analizar las interferencias producidas por dos sonidos.

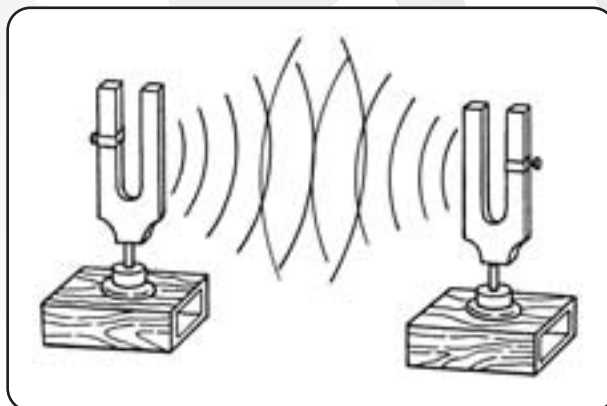
Se necesitan dos diapasones de igual frecuencia, con sus cajas de resonancia y el mazo para golpearlos.

Se sitúa un diapasón frente a otro en cada extremo de una mesa, de manera que las cajas de resonancia posean sus aberturas enfrentadas. Se coloca una bolita de poliestireno, a modo de péndulo, junto a una de las ramas de uno de los diapasones. Se golpea el otro diapasón y se observa cómo la bolita comienza a vibrar u oscilar. Si se repite el ensayo, golpeando uno de los diapasones y amortiguando las ondas por contacto con la mano, se observa que el otro diapasón continúa emitiendo sonido.

Es el fundamento de la transmisión del sonido al oído por medio del tímpano, membrana que entra en resonancia con el sonido emitido. Otro fenómeno consiste en golpear los dos diapasones fuertemente, situándolos enfrentados y a una distancia relativa de uno a dos metros.

Se observa que cuando interfieren los sonidos se detectan sonidos más intensos alternados con otros de poca intensidad.

También se podría observar resonancia de ondas mecánicas si se dispone de dos muelles helicoidales, realizando el montaje indicado en la figura. Al tirar del portapesas que cuelga de uno de los muelles, comienza a oscilar y comunica sus oscilaciones al otro muelle, al entrar éste en resonancia. El segundo comienza a oscilar y el primero se para, hasta que éste entra en resonancia y empieza a oscilar. Y así se comunican las oscilaciones de uno al otro. Ambos muelles se comunican con un hilo o banda de goma.



ACTIVIDADES 39.1 Y 39.2. VELOCIDAD Y FRECUENCIA DEL SONIDO

En estas actividades hay que tener en cuenta que cuando el diapasón vibra en la boca del tubo resonador, las compresiones y dilataciones se propagan por el aire del interior del tubo, y llegan al fondo del tubo donde se reflejan. Al superponerse las ondas incidentes con las reflejadas, se forman ondas estacionarias con capas de máxima amplitud de vibración del aire [capas ventrales] y otras donde no vibra [capas nodales].

En la última capa de aire del extremo cerrado del tubo se forma un nodo, y en el extremo abierto debe haber un vientre, para ser audible el sonido. Esta condición de audición se da cuando los nodos y los vientres intermedios a esos límites dividen al tubo en un número impar de distancias vientre-nodo consecutivos que, como se sabe, vale la cuarta parte de la superficie de onda:

$$L = (2n + 1) \frac{\lambda}{4}$$

Por lo tanto, el aire del tubo puede vibrar con ondas estacionarias de diferentes frecuencias, según $m = 0, 1, 2, \dots$

Cuando se produce resonancia, es decir, cuando la frecuencia del diapasón coincide con alguna de las frecuencias anteriores, se oirá intensamente el sonido que produce el tubo.

Esa longitud del tubo se puede expresar en función de la velocidad y de la frecuencia del sonido:

$$\text{como } v = \lambda \cdot f; L = (2n + 1) \frac{v}{4f}$$

que permite calcular la velocidad del sonido conocida la frecuencia del sonido producido por el diapasón, y teniendo en cuenta que la primera condición de resonancia se obtiene haciendo $n=0$; es decir

$$v = 4Lf$$

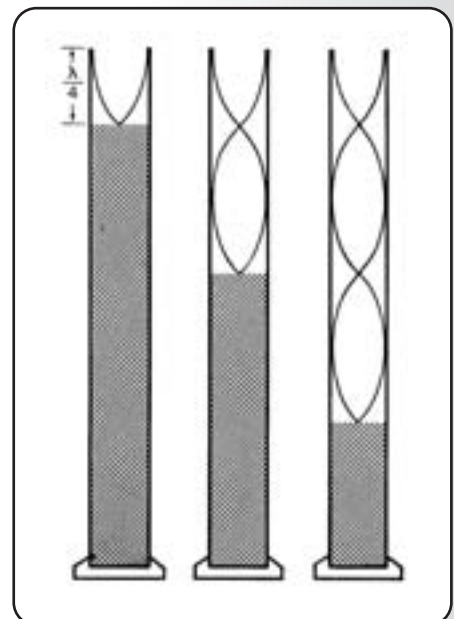
[Se trata del sonido fundamental.]

Téngase en cuenta que L es realmente la distancia desde el borde del tubo a la superficie de agua. Como el vientre de la boca del tubo se forma algo por encima de ésta, conviene corregir la longitud anterior. (Alrededor de $0,6R$, siendo R el radio del tubo.)

Para calcular la frecuencia :

$$f = \frac{v}{4L}$$

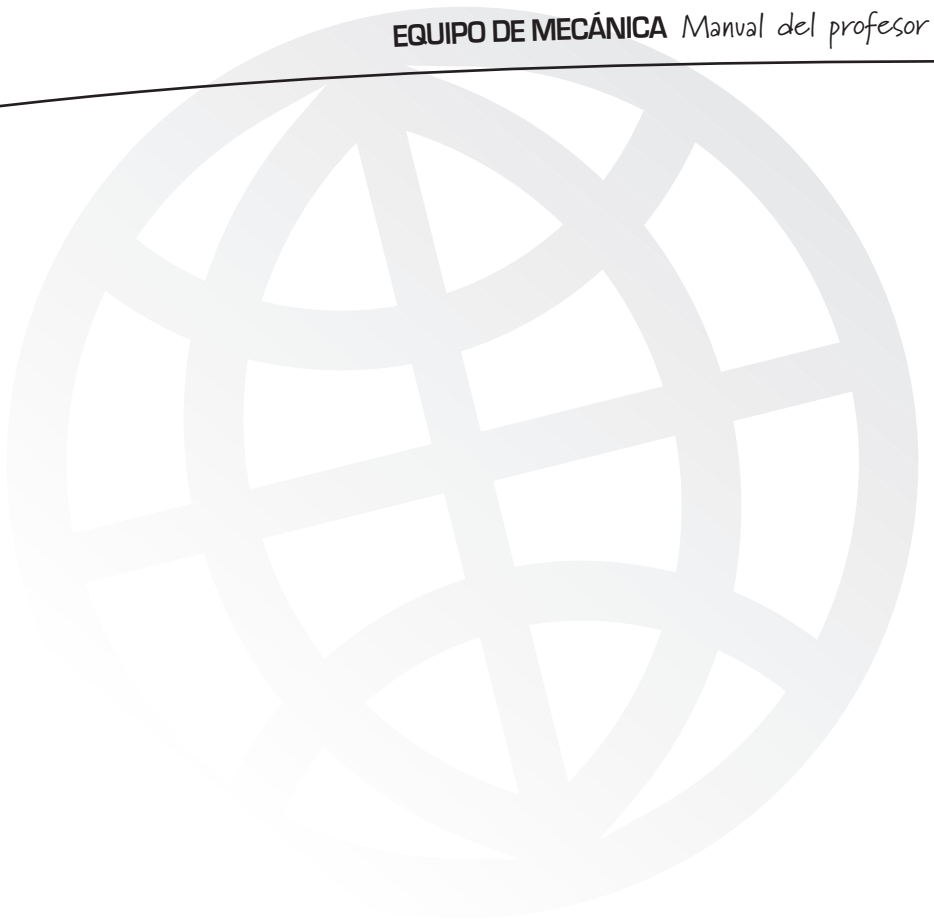
en la otra actividad calcular la velocidad del sonido en el aire aplicando $v = 332 + 0,61t$ (m/s), donde t es la temperatura ambiente en grados centígrados.





PRESIÓN HIDROSTÁTICA

Actividades 40 y 41



PRESIÓN HIDROSTÁTICA. PRENSA HIDRÁULICA**FUNDAMENTO TEÓRICO:**

Cuando un cuerpo se halla sumergido en el seno de un líquido, se halla sometido a una presión equivalente a una columna de dicho líquido, de base la superficie del cuerpo en contacto con el líquido y de altura la distancia del centro de gravedad del cuerpo al nivel del líquido.

La superficie interior del recipiente que contiene el líquido, está sometida a una presión interior en cada uno de sus puntos interiores. La presión en cualquier punto depende únicamente de la diferencia de alturas entre ese punto y la superficie libre del líquido.

La presión sobre una superficie horizontal del interior del líquido es: $P_1 = h_1$

sobre la misma superficie situada en otro punto: $P_2 = h_2$

La diferencia de presión entre dos puntos en el interior del líquido será: $P = P_1 - P_2 = h_1 - h_2$

que es igual al peso de la masa de líquido que tiene por sección la unidad de superficie y por altura la distancia vertical entre dos puntos (si se considera que el líquido es agua, cuya densidad es 1 g/cm³).

En la experiencia de la prensa hidráulica hay que tener en cuenta los siguientes fundamentos teóricos:

Presión que actúa sobre el líquido en un punto de una de las secciones:

$$P = \frac{F_1}{S_1}$$

De acuerdo con el principio de Pascal,

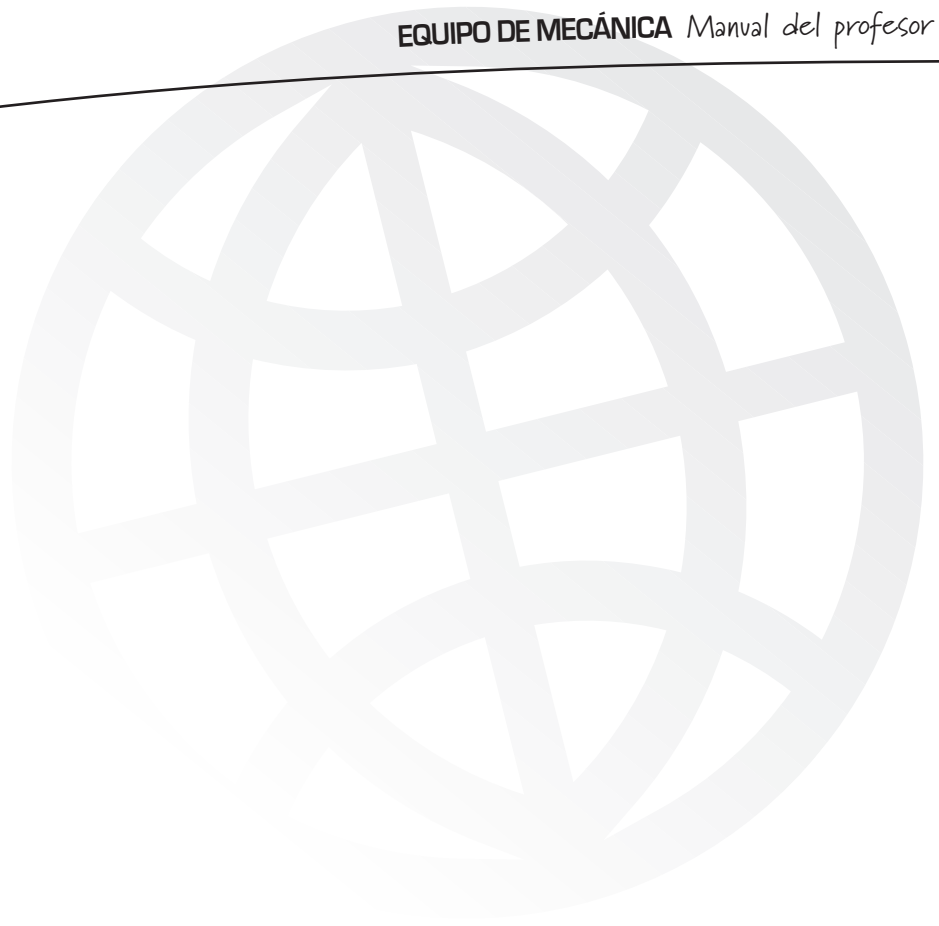
esa presión se transmite por todo el líquido, de tal forma que sobre la superficie del otro émbolo se produce una fuerza cuyo valor es:

$$F_2 = P \cdot S_2 = \frac{S_2}{S_1} \cdot F_1$$

Esta fuerza será tanto mayor cuanto mayor sea la relación de superficies.



**PRINCIPIO DE ARQUIMEDES.
MEDIDA DE DENSIDADES**
Actividades 42 Y 43



PRINCIPIO DE ARQUIMEDES. DENSIDADES**FUNDAMENTO TEÓRICO:**

El peso de un cuerpo sumergido en un líquido es menor que su peso en el aire. La diferencia es el empuje de Arquímedes, o fuerza que ejerce el líquido sobre el cuerpo.

Este empuje tiene dirección vertical y sentido hacia arriba.

$$E = P_{\text{aire}} - P_{\text{agua}}$$

Según el principio de Arquímedes, «todo cuerpo sumergido en un fluido experimenta un empuje hacia arriba igual al peso de fluido desalojado». Entonces el empuje será:

$$E = P_{\text{liq. des}} = V \cdot P_e$$

siendo V el volumen de líquido desalojado o desplazado, igual al volumen del cuerpo sumergido y P_e es el peso específico del líquido (que si se expresa en g-peso/cm³ equivale a la densidad en g/cm³).

En realidad, un cuerpo situado en el aire también está sometido a un empuje, ello es causa de que un globo ascienda.

Se define el peso específico de un sólido como el peso de la unidad de volumen del mismo:

$$P_e = \frac{P}{V} \text{ Se mide en N/m}^3 \text{ en el SI.}$$

La densidad se define como la masa de la unidad de volumen del cuerpo.

$$d = \frac{m}{V} \text{ Se mide en Kg/m}^3 \text{ en el SI.}$$

La densidad del aluminio es aproximadamente 2,7 g/cm³. Su peso específico será 2,7 g-peso/cm³.

Si utiliza otro tipo de metal, por favor, mire en el apartado de Tablas para conocer su densidad.

OBSERVACIONES:

Supongamos que el peso del bloque en el aire es de 16,3 g-peso, y su peso cuando se sumerge en el agua es de 10,3 g-peso. Si su volumen es de 6 cm³ se comprueba el principio de Arquímedes:

$$16,3 - 10,3 = 6 \cdot P_e \text{ siendo } P_e \text{ el peso específico del agua } 1 \text{ g-peso/cm}^3.$$

En el caso de la determinación de la densidad y el peso específico de un sólido.

Supongamos que introducimos agua en la probeta hasta los 100 cm³ y al introducir el bloque, el nivel marca los 106 cm³.

El volumen de agua desalojada es de 6 cm³ que será el volumen del bloque.

Si el peso del bloque es de 16 g-peso, el peso específico será:

$$P_e = \frac{16 \text{ g-peso}}{6 \text{ cm}^3} = 2,66 \text{ g-peso/cm}^3.$$

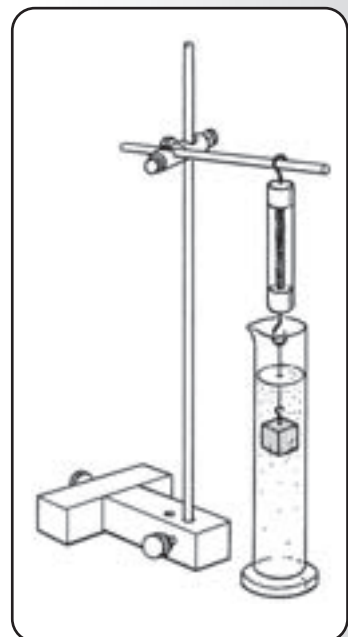
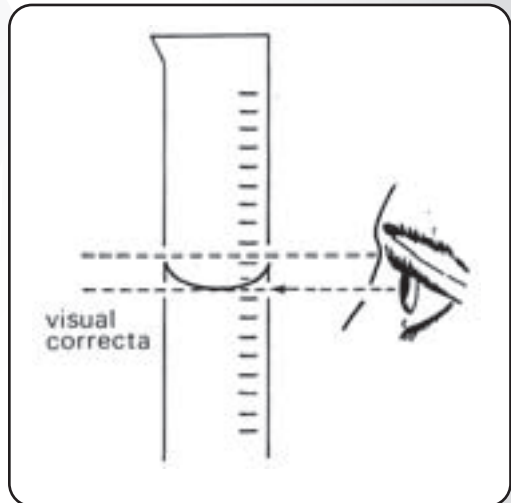
La densidad del bloque será 2,66 g/cm³ que corresponde aproximadamente al aluminio.

El peso específico del aluminio en N/m³ será:

$$P_e = 2,66 \frac{16 \text{ g-peso}}{\text{cm}^3} = 2,66 \frac{10^{-3} \text{ Kp}}{10^{-3} \text{ dm}^3} = 2,66 \frac{\text{Kp}}{\text{dm}^3} = 2,66 \frac{9,8 \text{ N}}{10^{-3} \text{ m}^3} = 26,068 \text{ N/m}^3$$

La densidad en Kg/m³ será:

$$d = 2,66 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} = 2,66 \frac{10^{-3} \text{ Kg}}{10^{-3} \text{ m}^3} = 2.660 \text{ Kg/m}^3$$



Por aplicación del principio de Arquímedes se puede determinar fácilmente el volumen de un sólido.

Si el peso del bloque es de 0,16 N, en pondios será: 16,3 g-peso y si el peso del bloque introducido en el agua es de 0,10 N, es decir, 10,3 g-peso, el volumen de líquido desalojado será:

$V = 16,3 - 10,3 = 6 \text{ cm}^3$, pues aplicando el principio de Arquímedes:

$$P (\text{pondios}) - P_a (\text{pondios}) = V (\text{cm}^3) \cdot P_e (\text{pond}/\text{cm}^3).$$

Donde V es el volumen de líquido desalojado o volumen del bloque y P_e es el peso específico del agua [$1 \text{ pond}/\text{cm}^3$].

Para calcular la densidad del bloque, basta dividir la masa del mismo por su volumen.

Como la masa del bloque es de 16,3 g. y su volumen es 6 cm^3 , la densidad valdrá:

$$d = \frac{16,3}{6} \text{ g}/\text{cm}^3 = 2,7 \text{ g}/\text{cm}^3$$

Además de las actividades propuestas en las fichas de alumnos se pueden realizar las siguientes:

Hallar el empuje y comprobar el principio de Arquímedes utilizando otros líquidos como medio de inmersión: Por ejemplo: aceite, alcohol, cloroformo, glicerina, mercurio, etc.

Determinar la densidad de los líquidos anteriores.

Determinar la densidad de diversos objetos: medallas, monedas, llaveros, etc., y averiguar de qué metales se componen recurriendo a una tabla de densidades.

Los resultados deben recogerse en tablas para después analizarlas y sacar las conclusiones correspondientes. Por ejemplo, veamos el caso de la determinación de la densidad del agua.

Supongamos que los resultados obtenidos son los expresados en la tabla siguiente:

	PESO DEL BLOQUE	VOLUMEN DEL BLOQUE
EN EL AIRE	$P = 16,3 \text{ g-peso}$	$V = 150 - 144 =$
EN EL AGUA	$P_a = 10,3 \text{ g-peso}$	$= 6 \text{ cm}^3$

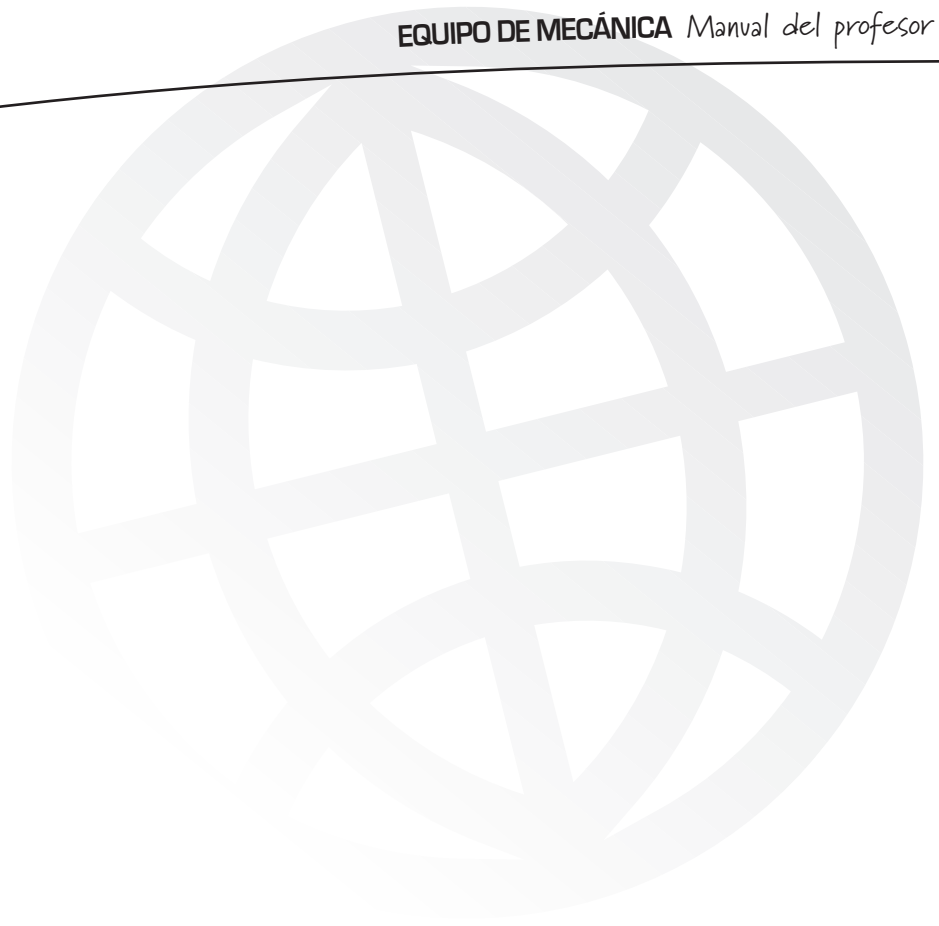
Aplicando el principio de Arquímedes resulta:

$$P - P_a = V \cdot P_e; 16,3 - 10,3 = 6 \cdot P_e.$$

luego el peso específico del agua es $1 \text{ g}/\text{cm}^3$ y de ahí que la densidad del agua es: $d = 1 \text{ g}/\text{cm}^3$.

PRESIÓN ATMOSFÉRICA

Actividad 44



PRESIÓN ATMOSFÉRICA**FUNDAMENTO TEÓRICO:**

Cuando una fuerza actúa sobre una superficie se dice que ejerce una presión sobre ésta. La presión es una magnitud física que se define como relación entre la fuerza aplicada y la superficie sobre la que se aplica. Matemáticamente se expresa por: $P=F/S$

se mide en newtons por metro cuadrado en el S.I.

A esta unidad se le da el nombre de Pascal (Pa), que se define como la presión ejercida por una fuerza de 1 N sobre una superficie de 1 m².

Otras unidades usuales son:

Atmósfera técnica, at, que es la presión de una fuerza de un kilopondio sobre una superficie de 1 cm².

Atmósfera atm, presión ejercida por una columna de mercurio de 76 cm. de altura y 1 cm² de sección a 0°C.

1 atm = 101.300 N/m² = 760 mm. Hg o Torr= 1013 milibares [M^a]=1 atm

La atmósfera es la capa de aire que rodea la Tierra. La presión que ejerce el peso del aire sobre los cuerpos se llama presión atmosférica.

La existencia de la presión atmosférica fue descubierta por Torricelli, realizando su célebre experiencia. Llenó un tubo de vidrio de 1 m. de longitud de mercurio y lo introdujo invertido en un recipiente con mercurio. La columna descendió y se estabilizó a una altura de 76 cm. respecto al nivel del mercurio del recipiente. En la superficie libre del mercurio, el aire ejerce presión que compensa la presión ejercida por el peso de la columna.

La presión atmosférica normal es de 76 cm. o 760 mm. de mercurio, o también de 1 atmósfera física a nivel del mar y a 0° C.

En meteorología, la presión atmosférica se mide en milibares.

La presión atmosférica se ejerce en todas direcciones y sentidos, según el principio de Pascal, y disminuye a mayor altura en la atmósfera (aproximadamente 1 mm. de mercurio cada 10 m.).

Como la presión atmosférica varía de unos lugares a otros, cuando sea alta indicará anticipación y cuando sea baja respecto a la normal, indicará mal tiempo o borrasca.

La presión atmosférica a nivel del mar es de 1 atmósfera física o 760 mm. de mercurio.

La presión atmosférica varía con la altura. A mayor altura menos peso de aire se encuentra sobre los cuerpos, es decir, menor es la presión atmosférica.

La variación de presión a razón de la altitud es aproximadamente de 1 milibar por cada 8 metros de variación de altura.

Así, una población situada a 800 m. de altitud tendrá una presión atmosférica de unos 913 mb, pues si 1 atm = 760 mm. Hg= 1013 mb.

$$1013 - \frac{800}{8} = 913 \text{ mb.}$$

EXPERIENCIAS ADICIONALES:

Se puede realizar otras experiencias, por ejemplo:

1. Llenar una probeta con agua e introducirla boca abajo en un vaso con agua, de forma que quede al fondo y sin aire en su interior. La altura del agua en la probeta no varía porque la presión atmosférica ejercida sobre la superficie libre del agua del recipiente contrarresta la presión de la columna de agua de la probeta. Al quitar agua del recipiente base, la probeta sigue llena, mientras no entre aire en su interior. Si se cambiara la probeta por un tubo suficientemente alto, se vería que el agua descendería hasta quedar a un nivel de unos 10 m. de altura. Con un líquido más denso, como el mercurio, sería suficiente un tubo de unos 80 cms.



2. Comprobar el efecto de la presión atmosférica al introducir una botella, en posición invertida y llena de agua, en este líquido.

3. Tomar una jeringa y vaciarla de aire. Cerrar la salida de la aguja clavando ésta en un tapón de goma. Situarla con el émbolo hacia abajo y colgar un portapesas.

Añadir pesas progresivamente mayores hasta que el émbolo quede en equilibrio. La presión atmosférica equilibra la presión de las pesas.

4. Colocar agua en una vasija ancha y baja. Situar flotando una tapa de hoja de lata. Poner sobre la tapa un trozo de papel doblado de manera que el doblez quede vertical. Prender el papel con una cerilla y cuando esté ardiendo taparlo todo con un vaso invertido. A medida que se va consumiendo el papel, el agua sube por dentro del vaso, alcanzando un nivel superior al que tiene en la vasija. Al quemar el oxígeno disminuye la presión y el agua entra por la presión atmosférica.

5. Llenar un vaso de agua hasta el borde y colocar una cuartilla sobre él. Sujetando la cuartilla con la mano, volver el vaso rápidamente boca abajo con la otra. Observar que la cuartilla no se cae, ni se sale el agua del vaso. La presión atmosférica actúa sobre la cuartilla en mayor cantidad que la que ejerce el peso del agua interior.

6. Tomar un tubo abierto por los dos extremos e introducir uno de ellos en el agua. Aspirar por el otro extremo; el agua subirá por el tubo.

Al aspirar se hace disminuir la presión dentro del tubo y entonces la presión atmosférica hace subir el agua dentro del mismo.

7. La pipeta es un tubo abierto por sus dos extremos y provista de un ensanchamiento como indica la figura. Se llena de agua por el procedimiento indicado en el experimento anterior. Tapando el orificio superior y levantando la pipeta, se observa que el agua no cae (fig. a) la presión atmosférica, actuando sobre el orificio inferior, la mantiene. En cuanto se abra el orificio superior, el agua sale de la pipeta (fig. b), pues entonces la presión atmosférica se ejerce también por la parte superior.

La pipeta sirve para trasvasar líquidos de un recipiente a otro.

Aspira el aire de un tubo de ensayo y cierra rápidamente el extremo abierto con la punta de la lengua. El tubo queda adherido a la lengua: forma una ventosa. Es la presión atmosférica quien lo aplica contra la lengua.

8. En una botella de cuello ancho introduce un papel encendido. Antes de que se apague del todo, coloca en la boca un huevo cocido desprovisto de la cáscara. Al arder el papel expulsó aire de la botella, colocándose en su lugar gases calientes procedentes de la combustión. Al enfriarse éstos, disminuye la presión interior y la presión exterior hace penetrar el huevo al interior de la botella.

9. Realiza lecturas barométricas a lo largo del curso, comparando las indicaciones de un barómetro metálico con otro de mercurio.

10. Se toman dos hemisferios metálicos huecos que ajustan perfectamente, denominados hemisferios de Magdeburgo. En condiciones ordinarias los dos hemisferios se separan fácilmente, haciendo fuerza en sentidos opuestos en los dos anillos extremos.

Pero si, estando unidos, se hace el vacío en el interior de los hemisferios, resulta imposible separarlos, debido a que la presión atmosférica exterior no está contrarrestada por ninguna presión interior.

Fue Otto de Guericke, alcalde de Magdeburgo, quien primero realizó esta experiencia, con ocasión de la visita del Emperador de Alemania a dicha ciudad en 1564. Los hemisferios tenían 0,70 m. de diámetro y 24 caballos, tirando en sentidos opuestos, no pudieron separarlos.



11. Experimento de Torricelli, basta tomar un tubo de vidrio de unos 80 cm., llenarlo de mercurio y tapando la boca con un dedo invertirlo sobre una cubeta con mercurio. Al quitar el dedo, el mercurio desciende hasta una altura de 76 cm. sobre el nivel de la cubeta. Es decir, que la presión atmosférica equilibra una columna de mercurio de 76 cm. Dicha columna ejerce sobre cada cm^2 una presión de 1033 g-peso/ cm^2 . (O una atmósfera equivalente a 760 mm. Hg o Ton).

APLICACIONES:

Los barómetros son aparatos destinados a medir la presión atmosférica. El barómetro de cubeta es aplicación del experimento de Torricelli. Consta de la cubeta, el tubo de mercurio y una escala graduada en milímetros, cuyo cero ha de coincidir con el nivel del mercurio en la cubeta. Tiene este barómetro el inconveniente de que la escala ha de ser móvil, pues si desciende el mercurio en el tubo, sube el nivel del de la cubeta y, por tanto, cambia la posición del cero.

Existen otros modelos para obviar la dificultad de regular la posición del cero, para no tener que variar la escala cada vez que se hace una lectura. Por ejemplo, el barómetro de Fortín.

El barómetro sirve para predecir el tiempo. Cuando marca por debajo de 760 mm. hay tiempo de lluvias, el aire es húmedo. Por encima de esa cantidad el aire es seco.

Los mapas del tiempo se elaboran teniendo en cuenta los partes meteorológicos observados a la misma hora en observatorios situados por tierra y mar. Uniendo los puntos con igual presión atmosférica se obtienen las líneas isóbaras para una misma hora. Las isóbaras pueden encerrar zonas de baja presión con mal tiempo (borrascas) o zonas de alta presión con buen tiempo (anticiclones).

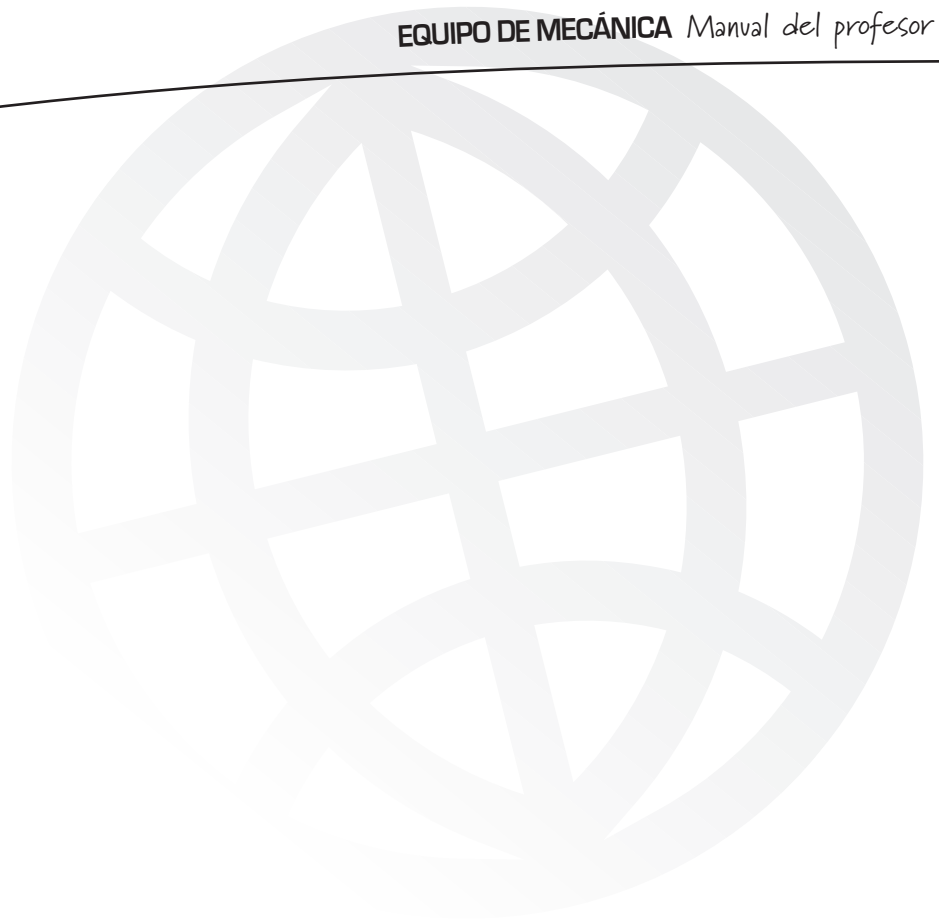
Los vientos se desplazan de zonas de alta presión a las de baja. En la borrasca el aire asciende y se enfría; al enfriarse se condensa el vapor de agua y se forman las nubes, constituyendo frentes nubosos.

En el anticiclón el aire desciende y se calienta, con lo cual se disipan las nubes, aunque se pueden formar nieblas o heladas en la superficie terrestre.

Los altímetros, para conocer la altura de una montaña, se basan en el barómetro graduado en alturas. Como el mercurio es unas 10.500 veces más pesado que el aire, al ascender en altura sobre el nivel del mar, por cada milímetro que ascienda, la columna barométrica disminuirá unos 10.500 mm. Por ejemplo, si un barómetro marca al pie de una montaña 738 mm. y en la cumbre 693 mm., la altura de la montaña será 472,5 m.

La bomba hidráulica, que se utiliza para elevar agua a cierta altura, se basa también en efecto de la presión atmosférica.

Funciona igual que cuando se sorbe un refresco de un vaso a través de una paja.



F-APÉNDICE
(Otras actividades de ampliación)



1. TORNILLO MICROMETRICO O PALMER

Se utiliza para medir espesores muy pequeños, por ejemplo, de una lámina delgada.

INVESTIGACIÓN:

Con el Palmer se consiguen medidas de mayor precisión que con el calibrador. Consta de un tornillo micrométrico móvil, cuyo paso de rosca corresponde a una división de la escala fija, unido a un mango que permite, al girarlo, hacer avanzar al tornillo. Cada vuelta de la cabeza del mango corresponde a un avance del tornillo o a una unidad de la escala fija, de tal manera que si el paso de rosca es de medio milímetro (es decir, cada división de la escala fija es de 0,5 mm.) y la cabeza giratoria tiene 50 divisiones, cada una de éstas corresponderá a:

$$\frac{1/2}{50} = 1/100 \text{ mm.}, \text{ que es la precisión del Palmer.}$$

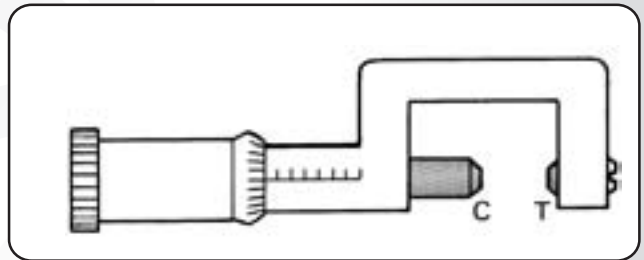
Sujetar la lámina (sin forzar) entre el tope y el extremo C del tornillo. Leer en la escala fija el número de divisiones que separa T de C, y en la cabeza del mango la parte fraccionaria que se encuentra frente al índice de la escala fija. Así se determina el espesor de la lámina.

El Palmer puede tener error de cero, que se tendrá en cuenta en las medidas realizadas. Para determinarlo, mover el tornillo hasta que su extremo C toque suavemente el tope T y anotar esa lectura correspondiente a una longitud cero.

NOTA: Realizar cinco mediciones del espesor y tomar como medida probable el valor medio.

CUESTIONARIO

Se mide con un Palmer el espesor de una hoja de afeitar, dándose para ello cinco vueltas y 34 divisiones de la cabeza. El paso de rosca es de medio milímetro y la cabeza está dividida en 50 partes. ¿Qué espesor se ha medido?



2. ESFERÓMETRO

Se utiliza para medir el espesor de una lámina delgada de material indeformable, el radio de una superficie esférica...

Normalmente, el paso de rosca del tornillo A es de 0,50 mm., de manera que una vuelta del mando B equivale a un avance de 0,50 mm. del tornillo. Movida por B hay una cabeza plana circular C graduada en 500 divisiones, de forma que el giro de una sola división del disco equivale a $1/500$ del paso de rosca, es decir, $1/500 \times 1/2 = 1/1.000$ mm.

Una escala D. en mm. se encarga de marcar el avance del tornillo A.

El cero se determina haciendo coplanaria la punta del tornillo A con los tres soportes del aparato. Si no coincide el cero de la escala vertical D con el de la escala circular C, se realizan cinco mediciones «en blanco» y se halla el valor medio, el cual se tomará como cero del aparato con objeto de corregir las medidas posteriores.

Para hallar el espesor de una fina lámina de material indeformable, descender el tornillo hasta que su punta se apoye suavemente sobre la lámina y leer las escalas.

Realizar cinco mediciones y tomar como medida más probable del espesor el valor medio.

Para medir indirectamente el radio de una bola metálica o vítrea se sigue el siguiente procedimiento:

Establecer el cero del esferómetro.

Levantar el tornillo del esferómetro y encajar los tres soportes A, B y C sobre la superficie esférica, cuyo radio se desea medir.

Se desciende el tornillo hasta que su punta entre en contacto con el polo del casquete. La lectura de la escala fija más las fracciones a añadir del disco nos da la lectura x del casquete esférico.

Los puntos A, B y C son los vértices de un triángulo equilátero inscrito en la sección circular horizontal de la figura.

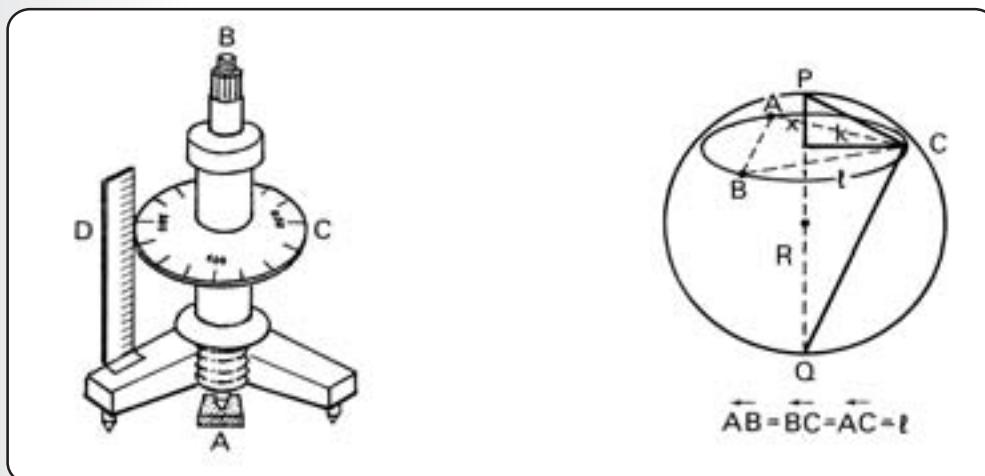
El lado del triángulo ABC en función del radio K de su circunferencia circunscrita es $l = K \cdot \sqrt{3}$.

Aplicando el teorema de la altura al triángulo rectángulo PCQ, resulta:

$$K^2 = x \cdot (2R - x); l^2 / 3 = x \cdot (2R - x), R = 1/2 \cdot (x + l^2 / 3x).$$

siendo x la medida obtenida y l la distancia entre dos soportes.

Se deben realizar cinco mediciones de x . Hallar el valor promedio y calcular después R .



3. BALANZA HIDROSTÁTICA

Se utiliza para determinar densidades. Por ejemplo, en el caso de un cuerpo sólido más denso que el agua:

Comprobar el equilibrio de la balanza descargada. Suspender el cuerpo problema mediante un hilo del gancho del platillo corto. Equilibrar la balanza con pesas situadas en el platillo corto. Equilibrar la balanza con pesas situadas en el platillo largo. Anotar la masa de esas pesas o masa del cuerpo, m (en gramos).

Levantar la columna de la balanza mediante el tornillo T (ver la figura y colocar un vaso con agua debajo del platillo corto). Bajar la columna de modo que el cuerpo problema (cilindro) quede sumergido en el agua (alrededor de un centímetro por debajo de la superficie libre del agua) que hay en el vaso. La balanza se desequilibra.

Restablecer el equilibrio colocando pesas en el platillo corto. Anotar la masa de estas pesas, en gramos, m' .

Repetir la experiencia unas dos veces más. Completar una tabla como la siguiente:

NOTA: Si se dispone de pocas pesas, medir la masa del cuerpo en el aire (m), retirar las pesas del platillo, sumergir el cuerpo en el agua, equilibrar de nuevo la balanza con pesas colocadas en el platillo largo, anotar esta masa m' (que coincide con V).

Las pesas añadidas al platillo corto representan el empuje que sufre el cuerpo al introducirlo en el líquido (empuje de Arquímedes), es decir, el valor medio de m' (en gramos) equivale al volumen de líquido desalojado o volumen del cuerpo, en centímetros cúbicos. Por tanto, la densidad del cuerpo problema se calcula por

$$d = \frac{m}{m'} \text{ (g. / .c.)}$$

Si se trata de un cuerpo menos denso que el agua se utiliza una pesa de 50 gr., por ejemplo, como lastre, y se experimenta así: Se pesa el cuerpo problema. Anotar su masa, m .

Atar el lastre (pesa de 50 gr.) al cuerpo problema, dejando unos 4 ó 5 cm. de hilo entre ambos.

Colocar el vaso de agua de modo que el lastre quede totalmente sumergido en el agua.

Equilibrar la balanza y anotar la masa m_1 .

Introducir ahora el lastre y el cuerpo dentro del agua. Equilibrar la balanza. Anotar la masa de la totalidad de las pesas que equilibran el sistema m_2 .

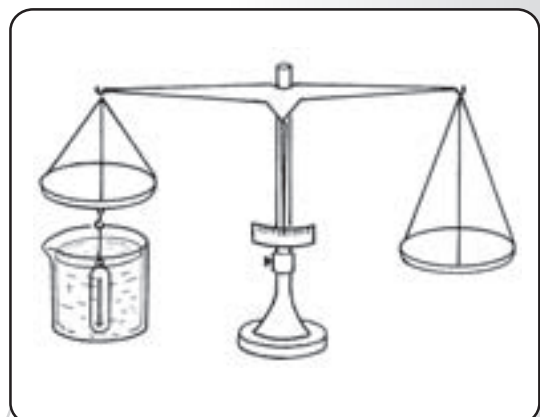
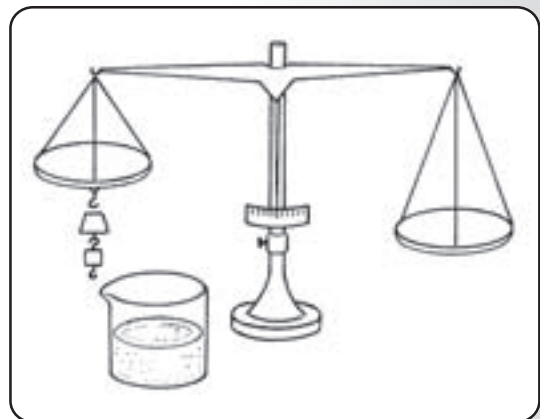
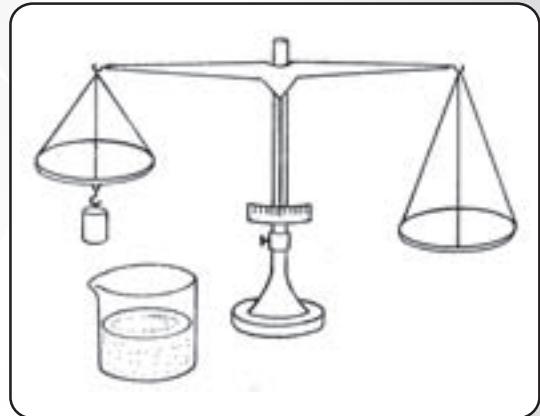
El empuje de Arquímedes, en pondios, vendrá dado por la diferencia de m_2 y m_1 .

Es decir, el volumen del cuerpo problema en cc. coincide con la diferencia $m_2 - m_1$ (en gramos).

Calcular la densidad del cuerpo problema.

$$d = \frac{m}{m_2 - m_1} \text{ (g. / .c.)}$$

También se puede utilizar la balanza hidrostática para determinar la densidad de un líquido. En este caso, se utiliza un inmersor de vidrio (cilindro de cristal que a veces aloja en su interior un termómetro), además de otro material accesorio.



Colgar el inmersor del platillo corto de la balanza mediante un trozo de hilo de unos 7 cm. de longitud. Sacar el inmersor del agua y secarlo, con un paño.

Vaciar el vaso y secarlo. Introducir en él el líquido problema (alcohol).

Introducir el inmersor en el alcohol y restablecer el equilibrio, colocando pesas en el platillo corto. Anotar la masa m' .

Repetir el procedimiento unas dos veces más. Completar una tabla como la siguiente:

ENSAYOS $m(g)$	$m(g)$
1.º	
2.º	
3.º	
SUMAS	
VALORES MEDIOS	

Equilibrar la balanza en el platillo con una tara (perdigones o arena).

Introducir, totalmente, el inmersor en el agua del vaso y restablecer de nuevo el equilibrio con pesas colocadas en el platillo corto. Anotar esta masa, m , y retirar las pesas.

Empuje del agua: $m = V.d$.

Empuje del alcohol: $m' = V.d'$:

Por tanto,

$$d' = \frac{m'}{m} \cdot d$$

[Tomar como densidad del agua 1 g/c.c].

Calcular d' , densidad absoluta del alcohol.

4. BALANZA DE MOHR

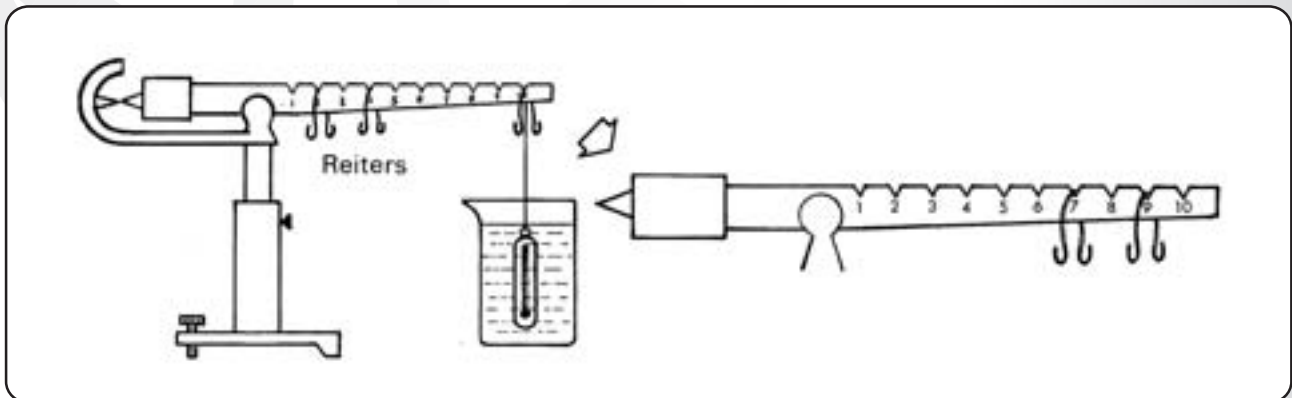
Se utiliza para la determinación de densidades de líquidos.

La balanza de Mohr tiene brazos desiguales. El brazo del que cuelga el Inmensor está dividido en diez partes iguales. En el brazo corto hay un contrapeso ajustado de tal modo que la balanza con el inmensor suspendido quede equilibrada en el aire. Si se sumerge el inmensor en agua la balanza se desequilibra a causa del empuje de Arquímedes.

Comprobar el equilibrio de la balanza sumergiendo el inmensor en agua y colocando el reiter grande en la división 10. De ser preciso ajustar el fiel a cero, regulando el tornillo de la base de la balanza.

Quitar el jinetillo utilizado y retirar la probeta o vaso con el agua, situando en su interior, una vez limpia, el líquido problema [alcohol]. Secar el inmensor con papel de filtro o paño.

Introducir el inmensor en el alcohol y equilibrar la balanza con los reiters en las divisiones adecuadas.



Para restablecer el equilibrio se hace uso de unas horquillas (llamadas jinetillos o reiters). Los dos reiters mayores son iguales y de masa tal que, si se coloca uno de ellos en la división 10 (de la que pende el inmensor), la balanza queda equilibrada, cuando se introduce el inmensor en agua destilada. Si se coloca en otra división representa tantas décimas de su valor como indica el número de la división.

Los otros reiters tienen masas respectivas $1/10$, $1/100$, etc., de los mayores. Si se colocan en el extremo (división 10) representan 0,1, 0,001, etc., de la unidad de empuje elegida. Colocadas en otra división equivalen a tantas décimas que su valor como indica el número de la división.

En la figura se han colocado los dos reiters mayores en las posiciones 10 y 2, y sobre la posición 4 se ha colocado el siguiente jinetillo fraccionario ($1/10$).

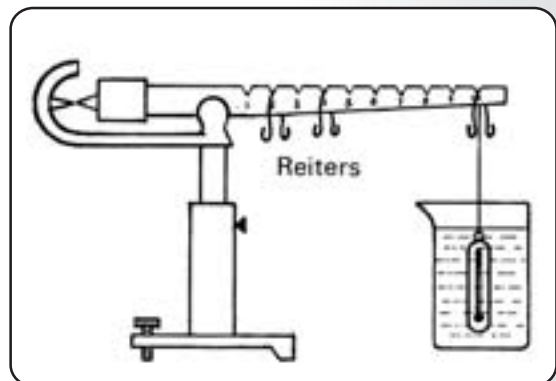
La densidad medida es la del agua = $1,24 \text{ g/m}^3$.

En la figura siguiente se ha medido una densidad de $0,79 \text{ g/cm}^3$.

Cuando se quiere medir la densidad de un líquido (por ejemplo, etanol) se realiza el siguiente procedimiento.

Repetirla experiencia con otros líquidos problemas.

Completar una tabla como la siguiente. Anotando la densidad determinada.



SUSTANCIA	DENSIDAD (g/c.c.)

Quitarlos reiters y guardarlos. Elevarla balanza (parte móvil) hasta sacar el inmensor, descolgarlo y secarlo. Volver a colgarlo.

5. BALANZAS: DE VIGAS Y GRANATARIOS

FUNDAMENTO TEÓRICO:

La masa es una magnitud física que representa la inercia o resistencia al cambio de movimiento de un cuerpo.

Se considera magnitud fundamental en el sistema internacional y se mide en kilogramos. Se admiten también unidades derivadas, como el gramo y otras del Sistema Métrico Decimal.

Se distingue del peso en que éste es la fuerza gravitatoria con que la Tierra atrae a la masa del cuerpo y se mide en Newton en el S.I. Sin embargo, hay que hacer constar que un cuerpo de A Kg. de masa posee un peso de A . Kilopondios o $9,8$ g.

La balanza es un dispositivo que permite medir la masa del cuerpo. Es una incorrección decir que la balanza mide pesos. Conocida la masa se puede inducir el peso mediante una sencilla operación.

Existen balanzas monoplato, granatario y otras más complicadas, como las electrónicas. Un granatario es una balanza de cruz que consta esencialmente de la base o pie, la cruz y los platillos, efectuándose la medida mediante el fiel sobre una escala.

La sensibilidad de una balanza es la desviación del cero de la escala por unidad de sobrecarga. Viene dada en divisiones por miligramo. El límite de apreciación de la balanza es la masa que es capaz de producir sensibilidad apreciable.

BALANZA MONOPLATO:

La balanza posee pesas corredizas y amortiguación magnética.

Su manejo y lectura está libre de paralaje de dos lados.

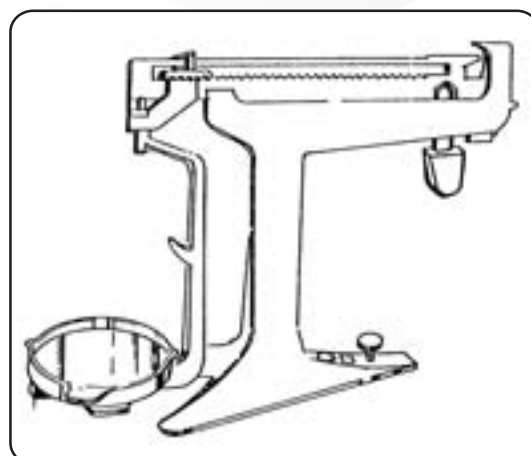
Las pesas corredizas están acopladas y aseguradas a la balanza.

La pesa suspendida permite ensanchar el alcance de las pesadas, colgándola en la posición 100 ó 200.

El alcance de las pesadas es de 301 g. y la precisión de 0,01 g.

La pesa corrediza de arriba alcanza de 0 a 1 g., siendo la división de la muesca de 0,01. La pesa corrediza de abajo alcanza de 0 a 100 g. y cada división vale 1 g. La pesa suspendida vale 100 g. en la posición 100, y 200 g. en la 200.

Posee un dispositivo de adaptación para pesada hidrostática y un portatubos, al estribo, para pesar líquidos. Lleva ajuste del punto cero por tornillo de pie. La altura del estribo es de 150 mm. para efectuar una pesada seguir el siguiente método:



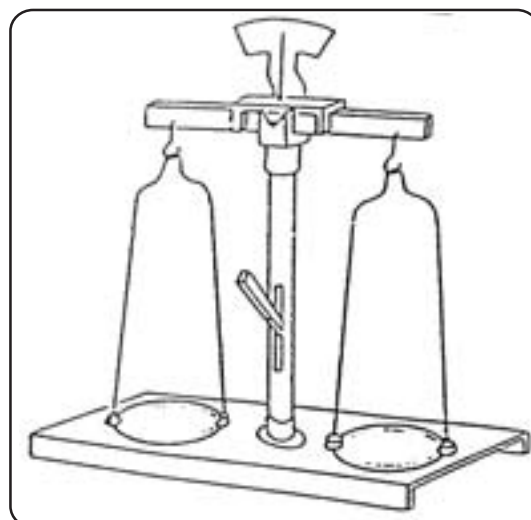
ADVERTENCIAS PARA EL USO DE LA BALANZA GRANATARIO

El disparo de la balanza se efectuará lentamente, girando con cuidado el mando correspondiente.

No manipular la carga o pesas estando la balanza disparada.

Para hallar la masa de las pesas utilizadas, retirarlas del platillo de mayor a menor, ponerlas sobre un papel limpio y anotar entonces su masa total.

Limpiar las pesas con un pincel y colocarlas ordenadamente en su estuche.



6. AERÓMETRO O DENSÍMETRO

El aerómetro es un dispositivo que permite determinar la densidad de un líquido directamente, es decir, leyendo en la escala del tubo del mismo.

Para efectuar medidas con el aerómetro seguir el siguiente método:

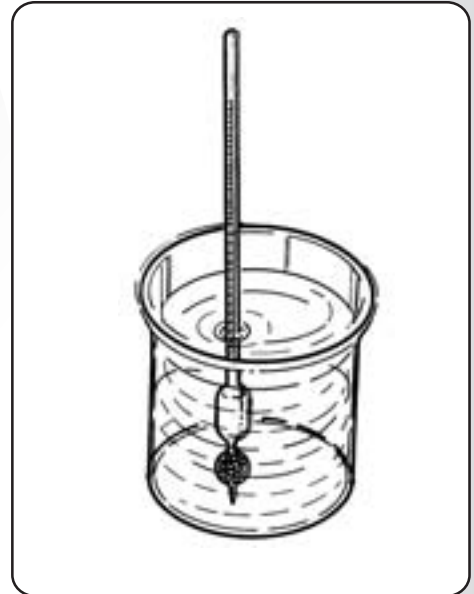
Colocar agua en el vaso o probeta e introducir el aerómetro. Comprobar que el aerómetro flota en el agua, alcanzando 1 g/cm^3 en la línea de enrase.

Colocar ahora en la vasija otro líquido (alcohol) y determinar la densidad de este líquido.

Ensayar con otros líquidos y disoluciones (aceite, leche, vino, etc.).

NOTA: Los aerómetros son tubos cerrados de vidrio, con un ensanchamiento en uno de los extremos en el cual se sitúa el lastre de mercurio o perdigones. Así, el centro de gravedad cae muy bajo y los aparatos quedan verticales al introducirlos en un líquido. El aerómetro se hunde tanto más cuanto menor sea la densidad del líquido o disolución problema.

Para comprobar la escala del aerómetro se le introduce en varios líquidos de densidad conocida.



7. ESTROBOSCOPIO

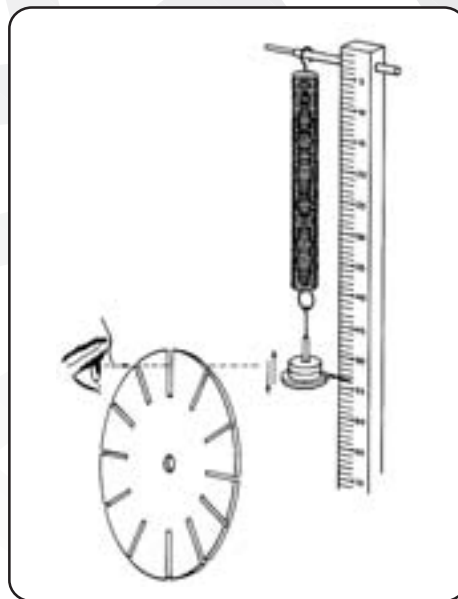
El estroboscopio es un disco con rendijas igualmente espaciadas a lo largo de una circunferencia.

Haciendo girar el disco con velocidad constante y mirando a través de las rendijas, cuando pasan frente al ojo del observador, éste puede seguir el movimiento de un cuerpo con intervalos de tiempo muy cortos. Si se observa la caída de una bola por un plano inclinado, el disco da una vuelta por segundo y posee seis rendijas, y gira a la misma velocidad, se verá la bola cada $1/6$ de segundo.

Así se puede realizar un estudio cualitativo de las posiciones de la bola en su caída, pero el ojo humano no puede medir en esas condiciones; por ello, se puede acoplar una cámara fotográfica que se dispone con el objetivo en «exposición» frente a las rendijas, de tal manera que cada vez que éstas pasan frente a la cámara se hace una fotografía de la posición de la bola, sobre el mismo negativo. La fotografía se revela y así se puede estudiar cuantitativamente la caída de la bola.

También se puede medir la velocidad de rotación de un cuerpo que gira rápidamente, por ejemplo, aspas de un ventilador, marcando en color una de las aspas y haciendo girar el estroboscopio mirando el movimiento del ventilador hasta que nos parezca «en reposo».

Otra aplicación del estroboscopio es regular la velocidad del plato de un tocadiscos, para ello se utiliza un disco de cartulina de 180 rayas. Al girar el disco a las revoluciones que debe girar para oír perfectamente la música, las rayas de dicho disco estroboscópico parecen quietas.



8. BARÓMETRO DE CUBETA**DESCRIPCIÓN:**

En un sencillo barómetro de tipo demostrativo. Su parte inferior en forma de U lleva en una rama un pequeño depósito cónico y dispositivo especial para transporte, con tornillo corrector. La columna barométrica está montada sobre base de aluminio, lleva una escala graduada en mm. y mb. con termómetro incorporado.

MANEJO DEL BARÓMETRO:

Puesta en estación. El barómetro siempre llega al destinatario preparado para su transporte, por tanto, hay que ponerlo en condiciones de funcionamiento, para lo cual se procede como sigue:

A) Procederemos a colgar el aparato.

B) Aflójese la tuerca (1).

C) Aflójese el tornillo (2) hasta retirar la punta de goma (3) que obstruye la salida del mercurio contenido en la columna y evita que se divida ésta durante el transporte.

D) Observaremos que el mercurio desciende en la columna hasta una determinada posición en la cual se estabiliza.

E) Enrasaremos visualmente el mercurio contenido en el depósito cónico con la marca de enrase indicada por O en el soporte, por medio del tornillo (4) de enrase. El tornillo (2) de transporte debe dejar libre la superficie de mercurio.

F) Dejaremos, aproximadamente, una hora el barómetro en dichas condiciones para que alcance la posición de equilibrio. Si fuese necesario volveríamos a enrasar mediante el tornillo (4), quedando el barómetro en disposición de uso.

TRANSPORTE:

Para realizar el transporte del barómetro realizaremos las siguientes operaciones:

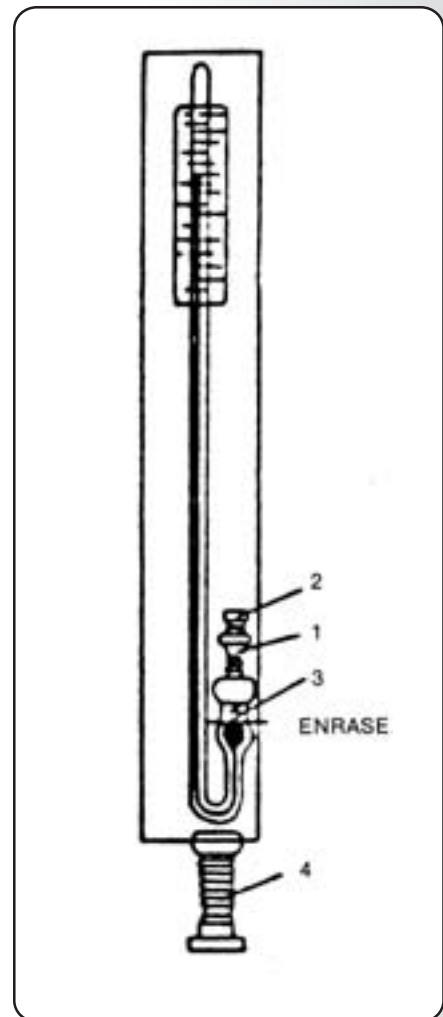
A) Inclinaremos lentamente el barómetro hasta que el mercurio llene totalmente la columna (se nota un golpe característico del mercurio en la parte superior cuando esto sucede).

B) En esta posición roscaremos el tornillo (2) hasta que la punta de goma de éste cierre totalmente la salida del mercurio.

C) Fijaremos la posición anterior roscando la tuerca (1), quedando así en disposición de transporte.

OBSERVACIONES:

Las correcciones barométricas propias de estos aparatos, como son temperatura, gravedad del lugar, menisco, vapores residuales, etc., prácticamente quedan reducidas a la corrección por temperatura (lleva termómetro incorporado) por ser un aparato de demostración y no de precisión.



9. ACÚSTICA Y OSCILOSCOPIO

El osciloscopio permite visualizar las curvas correspondientes a las vibraciones de un diapasón, e incluso de la voz o de cuerdas vibrantes.

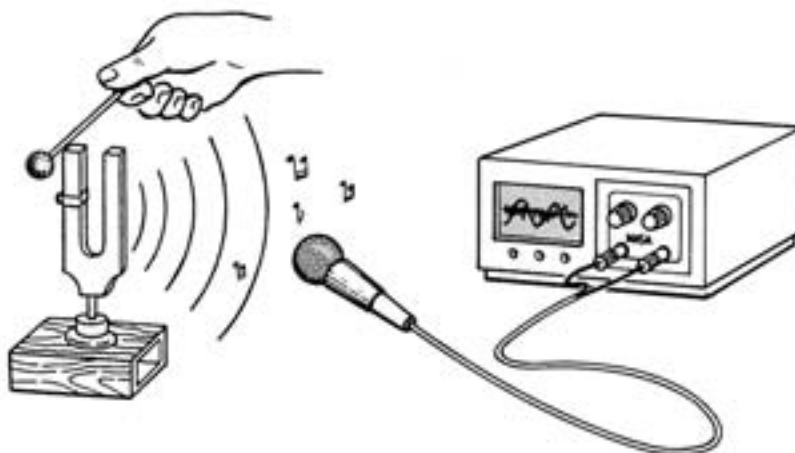
Para ello es necesario aprender el manejo del osciloscopio, al menos de forma cualitativa. Se debe disponer, además del mencionado diapasón con su mazo y caja de resonancia, un micrófono y los necesarios cables de conexión.

El micrófono se conecta por un lado a la entrada vertical del osciloscopio y por otra a la masa del aparato, y se sitúa frente a la abertura de la caja de resonancia del diapasón, a fin de golpear una rama de éste y el sonido producido genere las oscilaciones eléctricas correspondientes en el micrófono. Hay que ensayar varias veces, para disponer el osciloscopio con la amplificación vertical adecuada, la base de tiempo necesaria y el regulador en la posición que más convenga para observar bien las curvas sinusoidales sobre la pantalla.

Al conectar el osciloscopio debe dejarse en la pantalla un trozo horizontal bien centrado, enfocado y con la luminosidad necesaria. Al golpear el diapasón aparecerá una onda sobre la pantalla, pero retocando la regulación sobre la base de tiempo se pueden conseguir dos o tres ondas.

Tras golpear el diapasón, las ondas se van amortiguando. Desconectar el osciloscopio y ensayar con cuerdas de guitarra e incluso con la voz, pronunciando vocales y consonantes con mayor o menor intensidad y tono más grave o agudo.

El alumno deberá realizar un esquema del montaje y de las curvas obtenidas, interpretándolas.



10. RUEDA DE MAXWELL

La rueda de Maxwell es un anillo ancho o disco sólido que puede enrollarse y desenrollarse sobre un eje mediante dos hilos, cuando se mueve en el campo gravitatorio. Se utiliza para comprobar el principio de conservación de la energía mecánica.

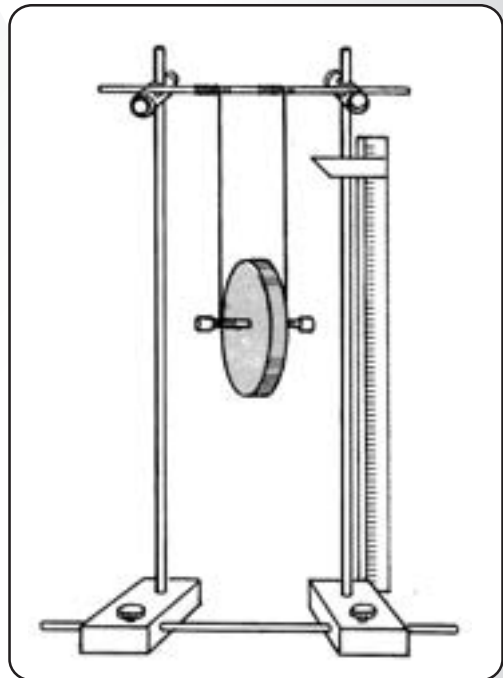
Las energías potencial, cinética y de rotación se van transformando una en otra.

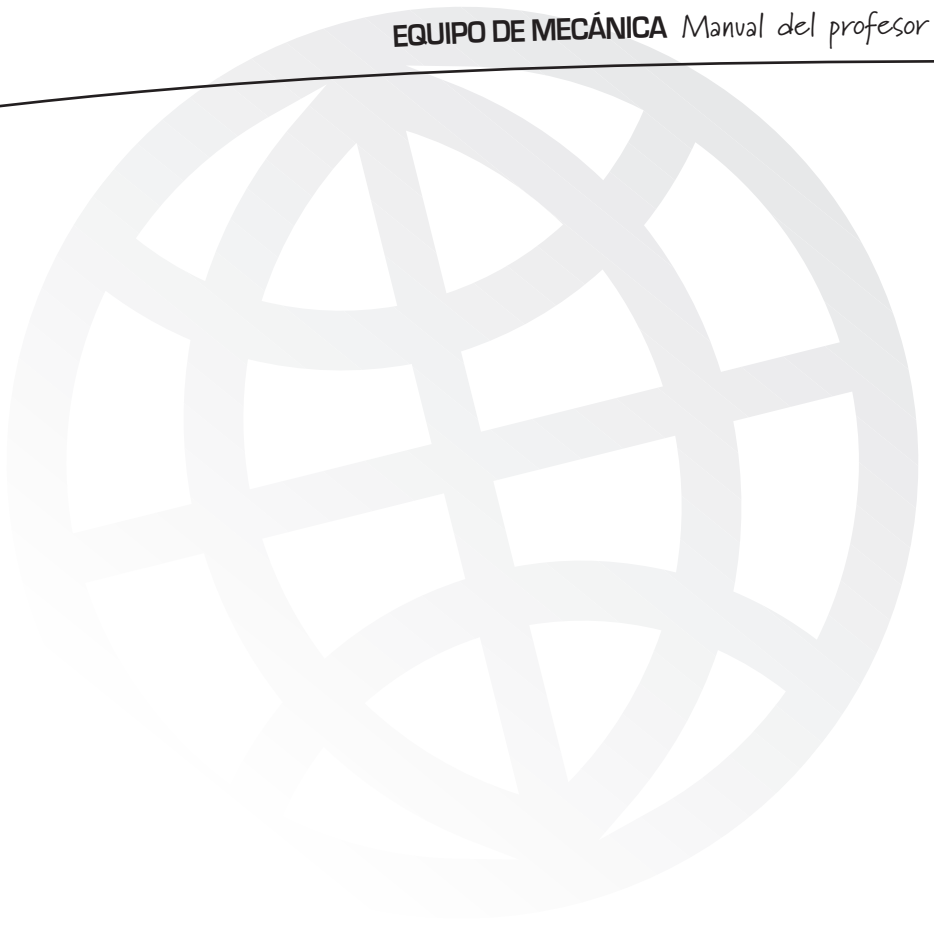
Para su buen funcionamiento es conveniente alinear horizontalmente su eje cuando todavía está desenrollado; hay que cuidar que los arrollamientos vayan hacia dentro y mirando desde la posición del observador, el hilo enrollado debe pasar por delante del eje de la rueda.

Enrollar el disco hasta una altura determinada y dejarlo caer. Se observa que al llegar a su parte más baja de descenso vuelve a elevarse hasta alcanzar prácticamente igual altura.

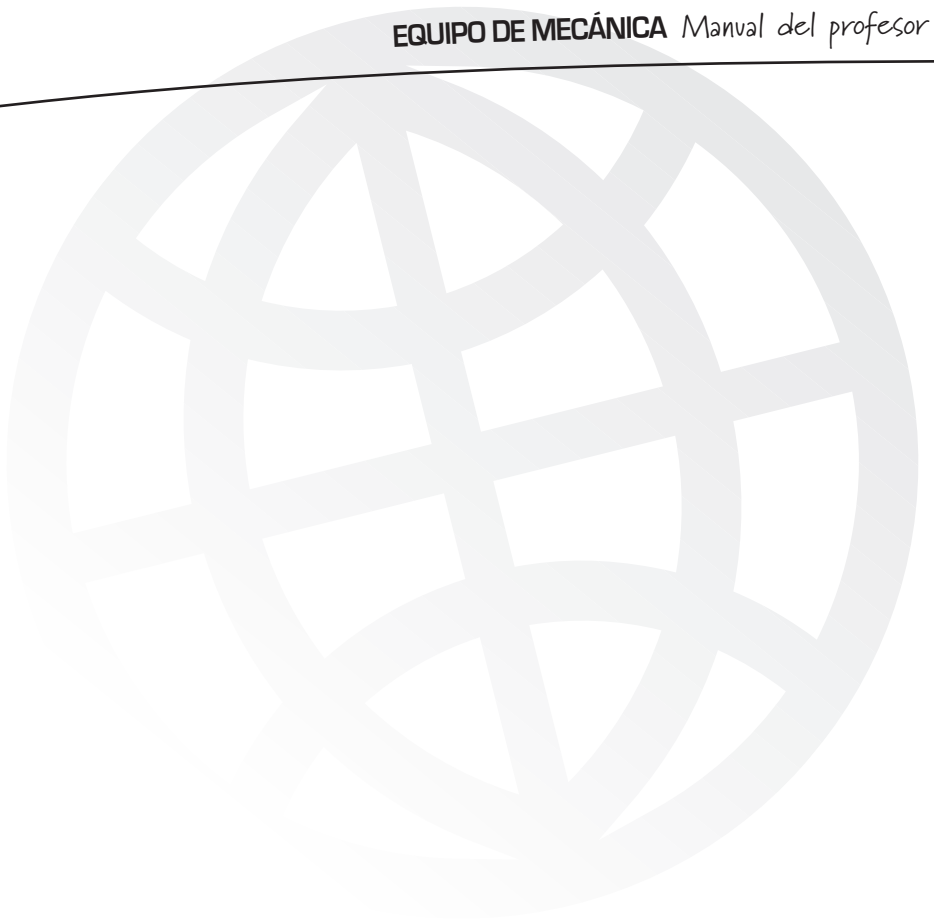
Debe explicarse por qué al cabo de cierto tiempo no se alcanza la altura inicial, qué transformaciones energéticas se verifican, si se conserva la energía mecánica, etc.

También se puede recomendar a los alumnos que recorten artículos periodísticos sobre temas de energía con un breve comentario sobre el contenido de los mismos.





G-TABLAS



SISTEMA INTERNACIONAL DE UNIDADES

Magnitud fundamental	Unidad fundamental	Símbolo
Longitud	metro	m.
Masa	kilogramo	Kg.
Tiempo	segundo	s.
Intensidad de corriente eléctrica	amperio	A.
Temperatura termodinámica	grado Kelvin	K.
Intensidad luminosa	candela	Cd.

(la séptima magnitud fundamental es la cantidad de materia cuya unidad es el mol).

UNIDADES DERIVADAS

Magnitud	Unidad	Símbolo
Superficie	metro cuadrado	m^2
Volumen	metro cúbico	m^3
Densidad	Kilogramo por metro cúbico	Kg/m^3
Velocidad	metro por segundo	m/s
Aceleración	metro por segundo cuadrado	m/s^2
Fuerza	newton	$N(Kg. m/s^2)$
Presión	newton por metro cuadrado	N/m^2

MÚLTIPLOS

Factor	Prefijo	Símbolo
10	deca	da
10^2	hecto	h
10^3	kilo	K
10^6	mega	M
10^9	giga	G
10^{12}	tera	T

SUBMÚLTIPLOS

Factor	Prefijo	Símbolo
10^{-1}	deci	d
10^{-2}	centi	c
10^{-3}	mili	m
10^{-6}	micro	M
10^{-9}	nano	n
10^{-12}	pico	P
10^{-15}	femto	f
10^{-18}	atto	a

SISTEMA INTERNACIONAL DE UNIDADES

Magnitud fundamental	Unidad fundamental	Símbolo
Longitud	metro	m.
Masa	kilogramo	Kg.
Tiempo	segundo	s.
Intensidad de corriente eléctrica	amperio	A.
Temperatura termodinámica	grado Kelvin	K.
Intensidad luminosa	candela	Cd.

(la séptima magnitud fundamental es la cantidad de materia cuya unidad es el mol).

UNIDADES DERIVADAS

Magnitud	Unidad	Símbolo
Superficie	metro cuadrado	m^2
Volumen	metro cúbico	m^3
Densidad	Kilogramo por metro cúbico	Kg/m^3
Velocidad	metro por segundo	m/s
Aceleración	metro por segundo cuadrado	m/s^2
Fuerza	newton	$N(Kg. m/s^2)$
Presión	newton por metro cuadrado	N/m^2

MÚLTIPLOS

Factor	Prefijo	Símbolo
10	deca	da
10^2	hecto	h
10^3	kilo	K
10^6	mega	M
10^9	giga	G
10^{12}	tera	T

SUBMÚLTIPLOS

Factor	Prefijo	Símbolo
10^{-1}	deci	d
10^{-2}	centi	c
10^{-3}	mili	m
10^{-6}	micro	M
10^{-9}	nano	n
10^{-12}	pico	P
10^{-15}	femto	f
10^{-18}	atto	a

UNIDADES ADMITIDAS POR SU USO

Magnitud	Nombre	Símbolo
tiempo	minuto hora día (24 h)	min h d
ángulo	grado minuto segundo	° " "
volumen	litro	l (1 dm ³)
masa	tonelada	t(10 ³ Kg)
energía	electronvoltio	eV (1,6.10 ⁻¹⁹ J)
masa de un átomo	uma (unidad de masa atómica)	uma (1,6-10 ⁻²⁴ g)

DENSIDADES DE SÓLIDOS

Sustancia	Densidad Kg/dm ³
Aluminio	2,70
Bronce.....	8,78-8,89
Cobre.....	8,93
Cuarzo.....	2,66
Estaño	7,29
Hielo (0° C).....	0,92
Hierro.....	7,1-7,9
Latón.....	8,4-8,7
Níquel	8,90
Oro.....	19,32
Plata.....	10,5
Platino	21,50
Plomo	11,37
Cinc	7,12

DENSIDADES DE LÍQUIDOS

Sustancia	Densidad Kg/dm ³
Agua (4 C)	1,00
Acetona.....	0,79
Aceite de oliva.....	0,91
Alcohol etílico	0,79
Alcohol metílico.....	0,79
Cloroformo.....	1,49
Éter etílico.....	0,71
Glicerina	1,26
Mercurio	13,59
Tetracloruro de carbono	1,59

Densidad del agua en g/cm³

Temperatura(°C)	0	2	4	6	8	10	12	14	16
0	0,99987	0,99997	1,00000	0,99997	0,99988	0,99973	0,99953	0,99927	0,99897
20	0,99823	0,99780	0,99733	0,99681	0,99626	0,99568	0,99506	0,99440	0,99372
40	0,99225	0,99147	0,9907	0,9898	0,9890	0,9881	0,9872	0,9862	0,9853
60	0,9832	0,9822	0,9811	0,9801	0,9789	0,9778	0,9767	0,9755	0,9743
80	0,9718	0,9706	0,9693	0,9680	0,9667	0,9653	0,9640	0,9626	0,9612
100	0,9584								

Corrección de las lecturas barométricas a 0 °C

Temperatura del barómetro	LECTURA DEL BARÓMETRO EN mm							
(°C)	700	710	720	730	740	750	760	770
2	0,23	0,23	0,24	0,24	0,24	0,25	0,25	0,25
4	0,46	0,46	0,47	0,48	0,48	0,49	0,50	0,50
6	0,67	0,70	0,70	0,71	0,72	0,73	0,74	0,75
8	0,91	0,93	0,94	0,95	0,97	0,98	0,99	1,00
10	1,14	1,16	1,17	1,19	1,21	1,22	1,24	1,26
12	1,37	1,39	1,41	1,43	1,45	1,47	1,49	1,51
14	1,60	1,62	1,64	1,67	1,69	1,71	1,73	1,76
16	1,82	1,85	1,88	1,90	1,93	1,95	1,98	2,01
18	2,05	2,08	2,11	2,14	2,17	2,20	2,23	2,26
20	2,28	2,31	2,34	2,38	2,41	2,44	2,47	2,51
22	2,51	2,54	2,58	2,61	2,65	2,69	2,72	2,76
24	2,73	2,77	2,81	2,85	2,89	2,93	2,97	3,01
26	2,96	3,00	3,04	3,09	3,13	3,17	3,21	3,26
28	3,19	3,23	3,28	3,32	3,37	3,41	3,46	3,51
30	3,41	3,46	3,51	3,56	3,61	3,66	3,71	3,75
32	3,64	3,69	3,74	3,80	3,85	3,90	3,95	4,00
34	3,87	3,92	3,98	4,03	4,09	4,14	4,20	4,25

Corrección de las lecturas barométricas a la gravedad normal

(a) Corrección de latitud

Latitud (N o S)	LECTURA BAROMÉTRICA EN mm			
	700	720	740	760
0°	-1,88	-1,93	-1,99	-2,04
5	1,85	1,90	1,96	2,01
10	1,77	1,82	1,87	1,92
15	1,63	1,68	1,72	1,77
20	1,45	1,49	1,53	1,57
25	1,22	1,26	1,29	1,33
30	0,96	0,99	1,01	1,04
35	0,67	0,69	0,70	0,72
40	0,36	0,37	0,38	0,39
45	-0,04	-0,04	-0,04	-0,04
50	+0,28	+0,29	+0,30	+0,31
55	0,60	0,61	0,63	0,65
60	0,89	0,91	0,94	0,96
70	1,38	1,42	1,46	1,50
80	1,70	1,75	1,80	1,85
90	+1,81	+1,87	+1,92	+1,97

(b) Corrección de altitud

Pueden tomarse como 0,031 mm. Hg por cada 100 mm. Hg y por cada 1000 m., y debe restarse de la lectura barométrica.

NOTA.—Estas dos correcciones deben aplicarse sobre la lectura barométrica previamente corregida de temperatura.