Universidad Autónoma del Estado de Morelos

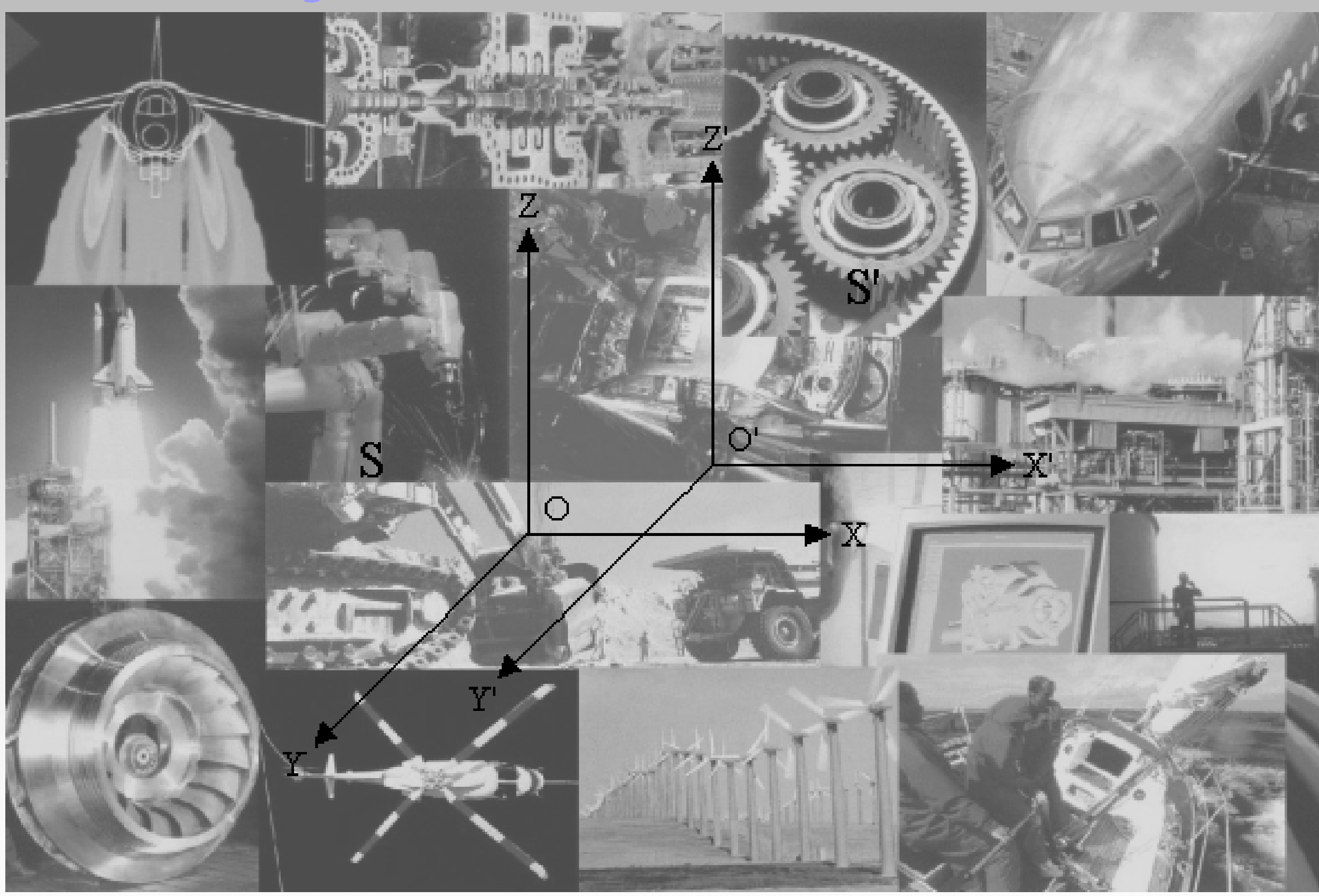
Secretaría Académica

Dirección Educación Media Superior

Academia Interescolar de Física

Física I

Ejercicios de Laboratorio



Plan de Estudios 1997

Reforma Académica del Bachillerato

Avalado por la Academia Interescolar
para el ciclo escolar 2008-2009.

Junio del 2004

INDICE

ACADEMIA INTERESCOLAR DE FÍSICA

COMPILACIÓN DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO

CRÉDITOS

PRESIDENTE: JORGE A. PERALTA SAMANO

SECRETARIO: GUILLERMO SILVA VILLALPANDO

CATEDRÁTICOS INTEGRANTES:

LOURDES CANO SALMERÓN

ELSA SUSANA GARCÍA GUILLÉN

MAGDALENA MENDOZA CRUZ

DAVID GARCÍA CAMPOS

SALVADOR GARCÍA BARNA

JUAN ROMÁN REYNA

PATRICIA BUSTOS ALVAREZ

Ma. CARMEN RIVERA BOBADILLA

MARINA ORTIZ GONZÁLEZ

GUILLERMO SILVA VILLALPANDO

SILVIO PONCE VÁZQUEZ

JOSÉ GUILLERMO MORALES MONTES

MARÍA PIEDRA CANALIZO

PRESENTACIÓN

En el plan de estudios del Bachillerato aprobado por H. Consejo Universitario en mayo de 1997, la asignatura de Física I se encuentra ubicada en el tercer semestre, dentro del Eje de Formación de habilidades experimentales comprendiendo a su vez por tres cursos más de Física, tres de Biología, dos de Química y uno de Anatomía y Fisiología General.

Desde el marco del Proyecto de reforma Académica del bachillerato en donde se aboga por el trabajo colegiado para el desempeño de acciones y actividades académicas, es que la Academia Interescolar de Física interactuó en el análisis de los conocimientos que se requiere para la comprensión de teorías y fenómenos físicos, dando como producto el diseño del programa de Física I en donde se hace patente la necesidad de relacionar la teoría con la práctica con el fin de fortalecer la enseñanza y el aprendizaje de esta disciplina.

La recopilación e integración de las prácticas aquí planteadas, pretenden cumplir con el propósito del nivel medio superior de brindar formación integral, un sentido crítico y un espíritu científico, que permita al estudiante desarrollar sus capacidades necesarias para aplicar el método científico, cuando explique los eventos que se le presentan en la vida cotidiana.

Las prácticas están planeadas de tal manera que el docente elija aquellas factibles de realizar conforme a la demanda y necesidades de los estudiantes, contemplando la infraestructura de los centros educativos, para ello, en el programa de estudios se estipuló la realización de 11 prácticas básicas y 2 opcionales o alternativas a realizar, donde el catedrático podrá elegir de las 25 que se presentan, contando con un total de 79 horas teórico-prácticas; considerando que las sesiones de laboratorio para cada grupo escolar son obligatorias como parte de la clase, es necesario dividir el grupo para un mejor aprendizaje.

Convencidos de que el estudiante del Nivel Medio Superior debe de empezar a trabajar con experimentos, planteados a través de un problema, manejo de datos experimentales, discutir resultados y trabajar en equipos se diseño la estructura adecuada de estos ejercicios, que ofrece al catedrático y al estudiante variedad en prácticas de laboratorio.

El presente manual pone en práctica en el área de las ciencias, los principios de la pedagogía contemporánea, "aprender haciendo", al mismo tiempo que familiariza al estudiante con el uso del método científico en las habilidades experimentales.

INTERPRETACIÓN DE MEDICIONES

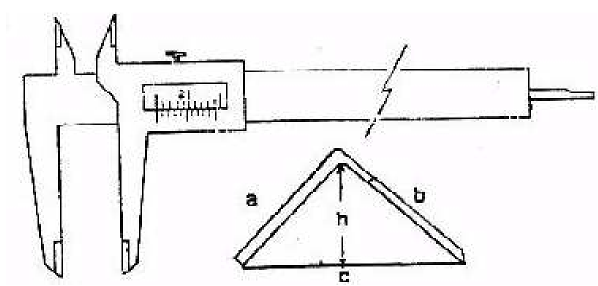
OBJETIVO:

Utilizar los conceptos de cifras significativas, error absoluto y error relativo en un caso práctico y sencillo.

GENERALIDADES:

Para todo estudiante de ciencias es importante utilizar los conceptos de cifras significativas, error absoluto y error relativo en las mediciones que se realizan. Esto se basa en el hecho de que siempre que se realizan mediciones se cometen errores debidos a la impericia de la persona que está efectuando la medición o las imprecisiones propias del aparato empleado al realizarlas. Es por esto por lo que hacer la medición de una misma magnitud varias veces, se encuentran resultados diferentes para cada una de las mediciones.
Al efectuar mediciones se debe presentar el resultado escribiendo solo las cifras significativas.
En este experimento se van a realizar algunas mediciones en las que será necesario aplicar sus conocimientos acerca de las cifras significativas, del error absoluto y del error relativo.

MATERIAL
2 Escuadras Graduadas
1 Regla Graduada
1 Hoja de Papel
1 Prisma



CUESTIONARIO:

1) Con una regla graduada, mide los lados del prisma y anota en la tabla de datos adjunta los valores obtenidos (cada integrante del equipo debe hacer las mediciones y anótalas en la tabla de datos). Mide también la altura del prisma. Recuerda que la altura es la recta perpendicular que va desde uno de los vértices al lado opuesto, mide su longitud y anótala en la tabla de datos respectivamente.

TABLA DE DATOS

ESTUDIANTE	VALORES	VALORES	VALORES	VALORES

a) Calcula el error absoluto:

b) Calcula el error relativo:

2) Con una regla graduada mide la longitud de la hoja de papel y anota tus resultados en la siguiente tabla

ESTUDIANTE	**CIFRA SIGNIFICATIVA**	**ERROR ABSOLUTO**	**ERROR RELATIVO**

3) Trata de obtener la medida del espesor de la hoja.

4) ¿Qué se puede concluir respecto a la exactitud de una medición?

INTERPRETACIÓN DE MEDICIONES

OBJETIVO:

Utilizar los conceptos de cifras significativas, error absoluto y error relativo, en un caso práctico y sencillo.

GENERALIDADES:

Para todo estudiante de ciencias es importante utilizar los conceptos de cifras significativas, error absoluto y error relativo en las mediciones que realiza. Esto se basa en el hecho de que siempre que se realizan mediciones se cometen errores debidos a la impericia de la persona que está efectuando la medición o a las imprecisiones propias del aparato empleado al realizarlas. Es por esto por lo que al hacer la medición de una misma magnitud varias veces, se encuentran resultados diferentes para cada una de las ediciones. Al efectuar mediciones, se debe presentar el resultado escribiendo sólo las cifras significativas.

MATERIAL
1 Prisma Reflexión Total
1 Vernier
2 Escuadras Graduadas
1 Regla Graduada

PROCEDIMIENTO:

1. Con el Vernier, mida los lados a, b y c del prisma de reflexión total y anote en la tabla de datos adjunta los valores obtenidos (cada integrante del equipo debe hacer las mediciones y anotarlas en la tabla de datos).
2. Mida también la altura del prisma. Recuerde que la altura es la recta que va desde uno de los vértices al lado opuesto, mida su longitud y anótela en la tabla de datos donde corresponda.
3. Calcule el área del prisma en cm^2 y anótela en la tabla de datos que aparece el la página siguiente.

TABLA DE DATOS

NOMBRE DEL ESTUDIANTE	VALORES a	VALORES b	VALORES c	VALORES h
SUMA				
PROMEDIO				
Valores de a, b, c y h con cifras significativas				
Área en cm^2 del prisma de reflexión total:				

4. Conclusiones.

INTERPRETACIÓN DE MEDICIONES

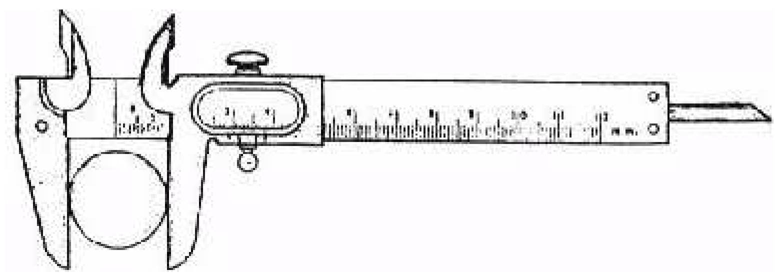
OBJETIVO:

Conocer y utilizar el Vernier en medidas prácticas y sencillas.

GENERALIDADES:

El Vernier es un instrumento de precisión con dos escalas deslizantes hasta de 0.001 in ó 0.02 mm. Sirve para medir diámetros exteriores, interiores y profundidades de piezas mecánicas o de cualquier otro objeto. Consiste en dos reglas, una fija graduada en mm en la parte inferior y otra móvil que está dividida en 10 partes iguales de 9/10 de mm c/u. Las 2 regletas tienen en un extremo una muela donde se coloca la pieza que se va a medir. Si las muelas están juntas, los ceros de las escalas, fija y móvil coinciden, y en esta posición, la 1ª división del Vernier mide 1/10 mm de la división de la regla, la 2ª 2/10 mm y la 3ª 3/10 mm y así sucesivamente. Si se desplazan 1/10 mm coinciden los unos; si se desplazan 2/10 mm coinciden las segundas divisiones y así sucesivamente hasta llegar a diez.

MATERIAL
1 Vernier
1 Probeta
1 Cilindro



ACTIVIDADES:

1) Coloca el objeto a medir entre las muelas de la regla y del nonio.

2) Lea 1 parte entera o distancia entre el cero de la regla y la división inmediata anterior al cero del nonio.

3) Observe la división del nonio que quede mas próxima o coincida con una de la regla, esta indica el número de centésimos de centímetro.

4) Mida el diámetro exterior e interior del cilindro.

5) Tome la lectura del diámetro interior y exterior de la probeta y anótelos.

6) Mida la longitud del diámetro interior y exterior de la probeta y anótelos.

GUÍA PARA LA DISCUSIÓN:

1) El diámetro exterior del cilindro es:____

2) El diámetro interior del cilindro es:____

3) El diámetro interior de la probeta es:_________________ y el exterior es: _______________________

4) La longitud del cilindro es:________________________ y el de la probeta: ______________________

5) Un estudiante al aprender el uso del Vernier hace 5 medidas del diámetro de una moneda y anota estos valores: 2.11 cm, 2.14 cm, 2.13 cm, 2.31 cm, y 2.10 cm.

   a) ¿Cuántas cifras significativas hay en el último valor?_____________________________________

   b) ¿Debe suprimirse alguno de los valores?____¿porqué?___________________________________

   c) ¿Qué valor debe usarse para calcular el área de la superficie plana de la moneda?___________

6) Conclusiones:

____

____

MÉTODOS DIRECTOS E INDIRECTOS DE MEDICIÓN

OBJETIVOS:

1) Utilizará métodos directos e indirectos en la determinación de las mediciones de superficie y volumen de cuerpos regulares e irregulares.
2) Comparará ambos métodos, indicando sus diferencias.

GENERALIDADES:

Existen dos tipos de mediciones, las directas y las indirectas. Las primeras son las que se hacen por métodos e instrumentos cuyas indicaciones dan directamente la cantidad medida. Tales medidas se leen usualmente sobre escalas graduadas en términos de las unidades correspondientes escogidas de antemano. Las cintas métricas, los relojes, las básculas, los dinamómetros, los termómetros, etc, son los instrumentos con los que se hacen mediciones directas.
En cambio la segunda son aquellas en las cuales las cantidades medidas no se dan directamente por observaciones o lecturas tomadas, sino a través de cálculos hechos sobre magnitudes medidas directamente. Esto significa que en las mediciones indirectas, el valor buscado en función de una o más cantidades determinadas por medición directa, por ejemplo, el volumen de un cubo puede calcularse multiplicando lado por lado por lado, habiendo medido este con una regla. En éste caso la medición sería indirecta. También puede hacerse directamente, midiendo con una probeta el volumen de agua desplazado por el cubo.

MATERIAL
1 Probeta graduada de 250 ml
Hojas de Papel milimétrico Cuerpos irregulares (hojas de plantas, una piedra, un anillo)
1 Caja de cerillos vacía
1 Prisma Triangular
1 Vernier
1 Canica

PROCEDIMIENTO:

a) Medir la superficie total del prisma triangular, colocando cada una de sus caras sobre el papel milimétrico, marcando el contorno de las mismas, y contando el número de milímetros cuadrados que cubre cada una de las caras.
b) Medir la superficie total del mismo prisma triangular, midiendo con el Vernier uno de los lados de la base y calculando la superficie total mediante la fórmula geométrica correspondiente.
c) Medir el volumen de una canica, introduciéndola en la probeta con 200 ml de agua. Y observando cuanto se desplaza el líquido.
d) Medir con el Vernier el diámetro del cilindro y calcular el volumen con la fórmula geométrica correspondiente.
e) Medir el volumen de una piedra. Con el método que considere adecuado.
f) Medir la superficie de una hoja de bordes irregulares, con el método que considere adecuado.
g) Utilizando ahora un Vernier, mide el largo, el ancho y el alto de la caja de cerillos, y con los resultados obtenidos calcule el volumen de la misma.

CUESTIONARIO:

1. Compara el valor obtenido en a) con el obtenido en b) ¿son iguales? ¿porqué si o porqué no?.

2. Compara el valor obtenido en c) y d). Explicar las diferencias si existen.

3. ¿Cuál método es directo o cuál indirecto en a), b), c), d)? ¿porqué?

4. ¿Cuál método escogió para encontrar el volumen de la piedra y de la hoja? Explica el motivo de esa elección.

5. ¿Cuál método es más exacto? Explique:

6. Anote los datos que obtuvo en el punto g)

7. Conclusiones:

COMPOSICIÓN DE FUERZAS

OBJETIVOS:

1. Identificará la fuerza como un vector.
2. Demostrará experimentalmente la composición de fuerzas.
3. Describirá el método del paralelogramo para la suma de vectores.
4. Utilizará el método paralelogramo para la suma de vectores.

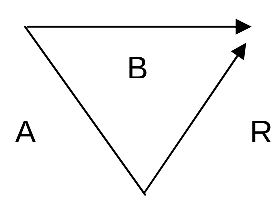
GENERALIDADES:

Los vectores son cantidades que se comportan como los desplazamientos.
El vector desplazamiento puede considerarse el prototipo. Algunas cantidades físicas que son vectores son: fuerza, velocidad, aceleración, etc., para representar un vector de un diagrama dibujaremos una flecha.

Escogemos la longitud de la flecha en el sentido del vector, indicando el sentido en cada caso con la punta de la flecha.

Suma de vectores:

Consideramos la siguiente figura, en la cual hemos puesto letras a los vectores. La relación entre estos desplazamientos (vectores) se puede escribir así:



A+B=R

Las reglas que deben seguirse para efectuar esta adición vectorial geométricamente son las siguientes. En un diagrama dibujado a escala, se traza el vector desplazamiento A, y se traza una recta del origen A a la punta de B para construir en vector suma R. Este vector es un desplazamiento equivalente en longitud, dirección y sentido a los desplazamientos consecutivos A y B.

MATERIAL
1 Dinamómetro
3 Soportes universales
1 Disco óptico o transportador
1 Porta pesas
2 poleas fijas con nuez.
Hilo resistente
4 pesas de 10 gramos

PROCEDIMIENTO:

Montar el material según la figura A:

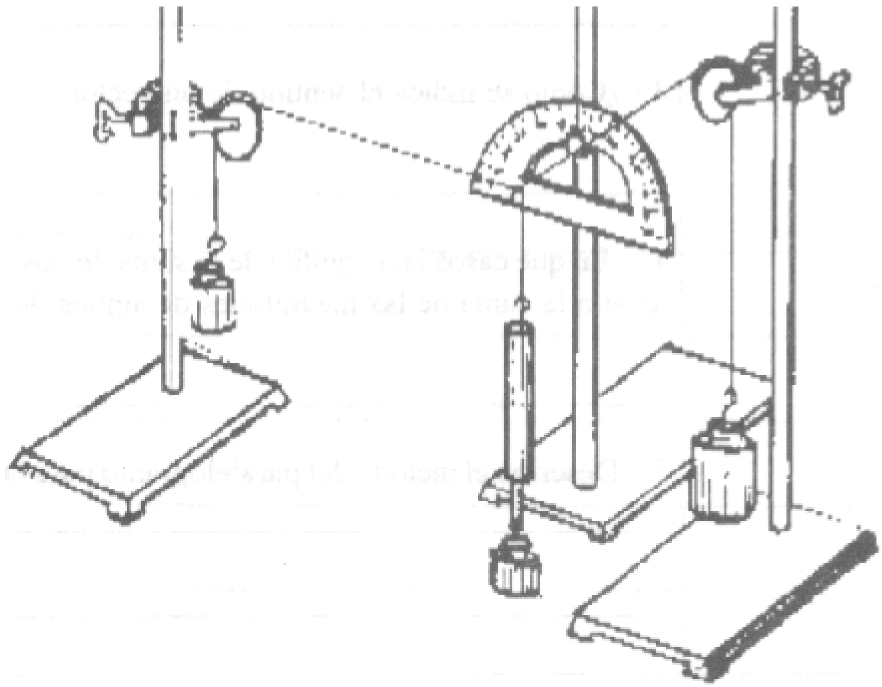


Fig. A

Se unen entre sí los hilos de tracción. El dinamómetro, ajustado a cero a posición invertida, se tensa mediante una nuez con un gancho. En el mismo soporte se fija mediante la nuez en forma de T el disco óptico (sin mango soporte ni soporte de sujeción).

Las fuerzas que actúan arriba en los hilos de tracción se representan mediante pesas (portapesas solo con 1...4 pesas con hendidura de 10 gr.). Su dirección puede modificarse por desplazamiento de las poleas, de los soportes o de ambos casos si cualquier medición en la dirección del diámetro vertical y el punto de unión de los hilos de tracción es colocado en el centro del disco.

Todos los hilos deben estar situados en un plano, y el disco óptico se situará paralelamente al mismo.

El alumno anotará la magnitud de las tres fuerzas y los ángulos de las fuerzas que actúan hacia arriba forman el diámetro en posición vertical del disco óptico.

1. ¿Qué representa la longitud de un vector?

2. ¿Qué representa la dirección de un vector?

3. ¿Cómo se indica el sentido de un vector?

4. ¿En qué casos la magnitud de la suma de dos desplazamientos es igual a la suma de las magnitudes de ambos desplazamientos?

5. Describa el método del paralelogramo para la suma de vectores:

6. Representa el sistema de fuerzas:

7. Obtenga la resultante del sistema de fuerzas en forma gráfica:

CONCLUSIONES:

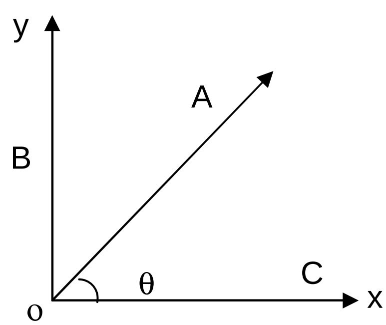
DESCOMPOSICIÓN DE FUERZAS

OBJETIVOS:

1. Demostrará experimentalmente la descomposición de fuerzas.
2. Utilizará el método gráfico para sumar vectores.

INTRODUCCIÓN:

Toda fuerza puede sustituirse por sus componentes en dos direcciones. El valor de la componente es el de la proyección de la fuerza en dicha dirección.
El método geométrico de suma de vectores no es muy útil cuando tratamos con vectores en tres dimensiones es a menudo inconveniente. Otra forma de sumar vectores es el método analítico que implica descomponer un vector en sus componentes con respecto a un cierto sistema de coordenadas.
Consideremos la fuerza conocida F formando un ángulo 0º grados con el eje de la X. como muestra la figura.



Trazando desde A, líneas perpendiculares a los ejes de las X y de las Y, las fuerzas componentes Fx y Fy son equivalentes a la fuerza original F, puesto que sumándolas vectorialmente dan F como resultante.

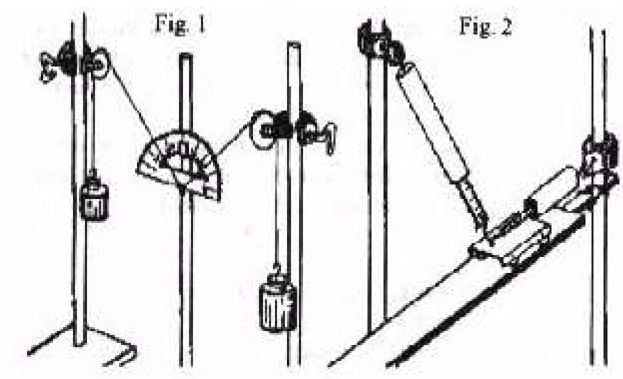
Con Fx y Fy perpendiculares entre sí, los triángulos OAB y OAC son triángulos rectángulos equivalentes con los correspondientes lados iguales Fy=AB y Fx=AC.

MATERIAL
2 Poleas fijas con nuez
Hilo resistente
1 Nuez con gancho
2 Dinamómetros
3 Soportes universales
1 Juego de pesas
Porta pesas
1 Disco óptico ó transportador
1 Nuez en forma de “T”
1 Plano inclinado
1 Carrito de Hall

PROCEDIMIENTO:

PRIMERA PARTE

Descomposición de fuerzas en componentes perpendiculares entre sí
Se monta el material según la figura 1.
Desplazando la polea del soporte izquierdo y la nuez con gancho del soporte central, se ajustan en posición horizontal y vertical, respectivamente, los hilos izquierdo e inferior.



SEGUNDA PARTE

Componente de una fuerza en dirección del movimiento y perpendicularmente a ella.
Se monta el material según la figura 2.
La fuerza paralela al plano inclinado, con la que se sostiene el carro sin rodar hacia abajo, es registrada (componente paralela del peso del carro).
Se mide la fuerza perpendicular al plano inclinado que es prácticamente capaz de levantar el carro de la base, sin llegar a hacerlo y sin modificar la indicación del primer dinamómetro (componente vertical del peso del carro). Esto es muy fácil tras desplazar el soporte y modificar la altura de fijación del dinamómetro al soporte.
Los dinamómetros deben estar ajustados a ceros antes de fijarlos en cada posición de utilización.
Repítanse la práctica varias veces, cambiando de posición los dinamómetros (para obtener diferentes ángulos) y añadiendo pesas al carrito de Hall.

PRIMERA PARTE

1. Represente el sistema de fuerzas.

2.-Obtenga la resultante del sistema de fuerzas en forma gráfica:

SEGUNDA PARTE

1. Represente el sistema de fuerzas:

2. Obtenga la resultante de cada uno de los sistemas de fuerzas:

CONCLUSIONES:

ABANICO DE FUERZAS

OBJETIVOS:

El alumno construirá un abanico de fuerzas a fin de lograr:

1. Describir los aspectos esenciales de un sistema vectorial; su magnitud, dirección, sentido y representación gráfica.
2. Explicar que las fuerzas combinadas actúan de acuerdo con la ley del paralelogramo.

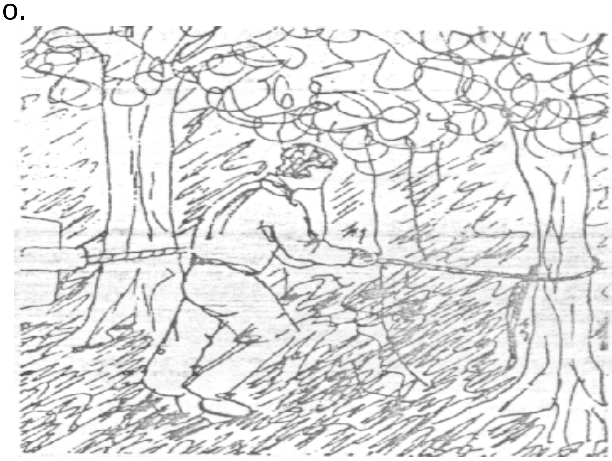
GENERALIDADES:

Si se enfrentara a una situación como la que se ilustra a continuación:

¿Haría lo mismo? ¿O utilizaría los conocimientos básicos que sobre fuerzas y su aplicación aprendió en la asignatura de Física?

Si recordamos que la eficacia de cualquier fuerza depende de la dirección en que actúa, llegamos así a la idea de los *componentes de una fuerza*, es decir, los valores eficaces de la fuerza en otras direcciones diferentes a la de la fuerza misma.

Utilizando el razonamiento anterior, se hace evidente –como muestra la figura- que si la cuerda amarrada al carro se tensa atándola a un árbol y se empuja en dirección perpendicular, es posible mover y sacar el automóvil del fango.



Si entendemos que las fuerzas son magnitudes vectoriales y, por tanto, cumplen con la ley del paralelogramo, es posible que se nos ocurra cómo resolver un problema como el que se presentó al principio. Es de esperarse que si los alumnos aprenden a representar gráficamente las fuerzas y a

utilizar correctamente la ley del paralelogramo, sean capaces de utilizarla cuando se trate de otras magnitudes vectoriales como: desplazamiento, velocidad, aceleración, campos eléctricos y magnéticos.
Por otra parte, debe destacarse que en física usamos la palabra *fuerza* para describir la acción de un cuerpo sobre otro; en realidad, puede verse a la fuerza como una medida de la intensidad de la interacción. Si bien, por consideraciones geométricas, Stevius estableció la ley del paralelogramo hace cuatro siglos, fue hasta fines del siglo pasado cuando Gibbs y Henviside comenzaron a utilizar los vectores y la matemática vectorial. Una formalización prematura de las leyes físicas puede obscurecer el entendimiento y aún crear aversión hacia esta ciencia. En el caso de los vectores, es deseable que los alumnos se familiaricen con métodos gráficos que describan situaciones reales antes de abordar un tratamiento analítico de los mismos. Por lo mencionado, el autor propone la presente alternativa como una más para el tratamiento del contenido 1.3.2, “Representación gráfica de una cantidad vectorial”, presente en los P*rogramas Maestros del Tronco Común.*

MATERIAL
Por equipo de 3 a 5 alumnos:
1 Barra de plastilina
1 Pelota de esponja
3 Clips del núm. 2
4 Tablitas de17x1x0.5 cm.
1 Tornillo de 1/8” ó 4 mm de o con tuerca de mariposa
1 Argolla de metal o plástico de ½” de ∅.
1 Cuadro de acrílico o mica Transparente de 15x12 cm. con un orificio central de 1/8”.
1 Compás
3 m. de resorte tubular

PROCEDIMIENTO:

1. Se pide a los alumnos que compriman una bola de plastilina y una pelota de esponja y que estiren una barra de plastilina y una liga. De las observaciones que hagan es importante destacar que algunas deformaciones desaparecen (el cuerpo recupera su forma y tamaño originales) cuando cesa de actuar la fuerza que los produce; a éstas se les llama deformaciones elásticas. En el caso de la liga, si la estiramos unos pocos centímetros y la soltamos, notamos que la deformación producida fue elástica, pero si la mantenemos estirada unos cuarenta centímetros, veremos que la deformación ya no es elástica (es inelástica) puesto que la liga ya no recupera su longitud inicial al soltarla.
2. Se pide a los alumnos que reflexionen sobre este hecho: Para mantener estirada una liga entre dos dedos se requiere que los dedos ejerzan fuerzas sobre la liga, pero, a su vez, la liga ejerce fuerza sobre cada dedo. (Actuando a la ligera, podría decirse que de aquí se infiere a la *tercera Ley de Newton*, pero no habría evidencia alguna para afirmar que la fuerza que la liga hace sobre el dedo es de igual magnitud que la fuerza que el dedo ejerce sobre la liga). Lo que se busca es que el alumno infiera que cuando la liga se mantiene estirada entre dos clavos, la liga ejercerá fuerza sobre los clavos, mientras los clavos ejercen fuerza sobre la liga.
3. Tomamos una liga ya vencida y otra nueva, tiramos a ambos lados de un clip (fig. 3) de tal manera que la liga vencida quede más estirada que la nueva y el clip, por supuesto, en reposo. Si ahora preguntamos a los alumnos cuál de las dos ligas jala el clip con más fuerza, resulta interesante que frecuentemente se dividen opiniones, ya que unos opinan que la liga más dura es la que está jalando con una fuerza mayor, mientras que otros opinan que es la liga más estirada la que está ejerciendo más fuerza. Si se deja discutir a los alumnos entre sí, es muy posible que concluyan en que ambas fuerzas son de igual magnitud, puesto que se equilibran. Vale la pena resaltar el hecho de que no podemos demostrar que dos fuerzas colineales y opuestas y de igual magnitud,

actuando sobre un objeto, se equilibran; sino que más bien a partir del hecho de que se equilibran inferimos que son de igual magnitud. Conviene hacerles ver a los alumnos que si ambas ligas (la vencida y la nueva) se estiraran la misma longitud, entonces la nueva es la que ejercería una fuerza mayor.

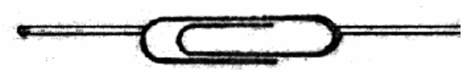


Figura 3

4. Ahora se les plantea que, para experimentar más con fuerzas, es necesario que construyan su "abanico de fuerzas" que podrá funcionar con 2, 3, 4 o más "aspas". Cada aspa es una tablita (fig. 4) con dos perforaciones de ∅ = 1/8". En un tornillo central se insertan las aspas y, con ayuda de una mariposa, se puede fijar cualquier abertura entre las aspas, como se muestra en las figuras 5 y 6. Como material complementario se requiere una bolsa o caja de ligas, una caja de clips del núm. 2 y una argolla de ∅ = ½"

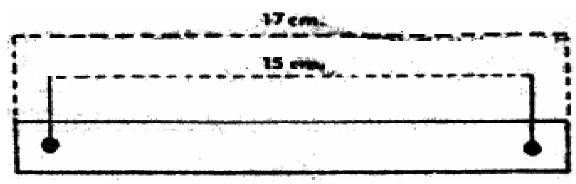


Fig. 4

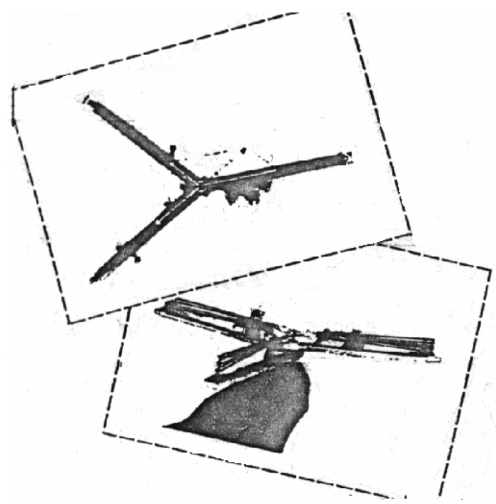


Fig. 5 y 6

5. Para medir fuerzas se requiere de una unidad. Podemos definir una unidad como la fuerza que ejerce una liga patrón cuando la estiramos a una longitud convenida (unos cuantos centímetros de alargamiento para no rebasar el límite elástico). Entonces se le pide a cada alumno o a cada equipo de alumnos que de una bolsa o caja de ligas escoja una liga como patrón y defina su unidad de fuerza como la fuerza que ejerce dicha liga cuando se estira hasta 12 cm, por ejemplo (la longitud inicial de la liga núm. 18 es aproximadamente de 8 cm). Se puede sugerir el nombre de *ligón* para esta unidad de fuerza. A partir de la liga patrón, los alumnos pueden seleccionar una docena de réplicas usando dos aspas alineadas como se muestra en las figuras 7 y 8. Hay que hacer ver a los alumnos que si pretenden "suavizar" ligas duras estirándolas de más para que se asemejen al patrón, las ligas volverán a endurecerse posteriormente. Por lo tanto, es necesario tener paciencia para seleccionar cuidadosamente las réplicas del patrón. Una alternativa es que construyan sus propias ligas usando elástico de poliester, conocido como resorte tubular, en las mercerías de

cualquier lugar. Es necesario insistir en que es indispensable obtener las mejores réplicas posibles del patrón para poder realizar con éxito los ejercicios siguientes.

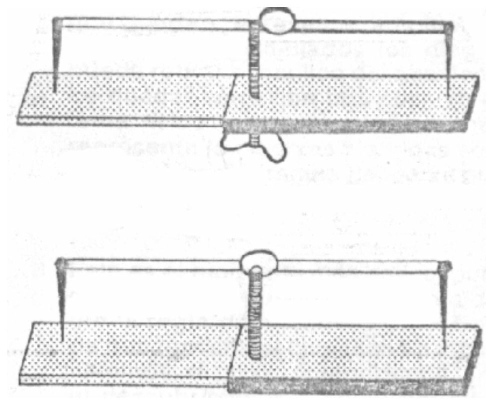


Fig. 7 y 8

6. Trabajando con tres aspas del abanico, se pide a los alumnos que resuelvan experimentalmente, los siguientes problemas: Girar las aspas hasta lograr que la argolla quede centrada en los siguientes casos: Una liga en cada aspa; 1,1 y 2; 1,2 y 2; 2,2 y 3; étc. Situaciones de equilibrio que se muestran en las figuras 9, 10, 11 y 12. Debe aclararse que siempre la argolla esté en reposo, aunque no esté centrada las fuerzas sobre ella se equilibran; sin embargo, si no está centrada, una liga estará más estirada que otra y ya no podremos medir las fuerzas. Es interesante que los alumnos vean que hay problemas que no tienen solución como, por ejemplo, tratar de equilibrar fuerzas de magnitudes: 1,1 y 3 ó 1,2 y 4. Más claramente 1,1 y 2 significa una liga en un aspa, otra liga en otra aspa y 2 ligas en el aspa restante.

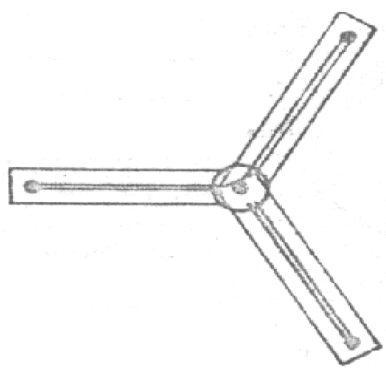
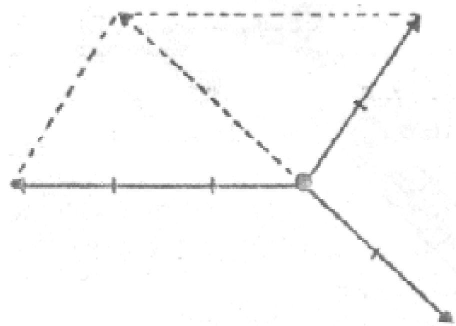


Fig. 9

7. Con ayuda de un cuadro de acrílico de 10 cm de lado con un agujero en el centro para insertarlo en el tornillo central del abanico, se puede dibujar el diagrama de fuerzas para cada caso superponiéndolo al sistema físico. Conviene hacer ver que las líneas de acción de las fuerzas se cruzan en el centro de la argolla y, por tanto, a partir de ese punto dibujamos los segmentos rectilíneos que representan a cada una de las fuerzas, con la punta de flecha indicando el sentido de las mismas. No es conveniente un pedazo de acrílico mayor porque los alumnos tienen la tendencia a dibujar el segmento que representa la fuerza, del mismo tamaño que la liga alargada, lo cual los puede llevar a errores conceptuales. Puede recomendárseles que escojan una escala tal, que puedan representar a la fuerza mayor. Una vez dibujados los diagramas puede retirar el acrílico del abanico y debe quedar claro que una cosa es el sistema físico y otra es el diagrama que representa las fuerzas ejercidas sobre la argolla. Los diagramas de fuerza pueden ser reproducidos en sus cuadernos y en el pizarrón; otra alternativa es marcar directamente en una hoja las posiciones de los cuatro tornillos del abanico y de ahí hacen el diagrama de fuerzas que actúan sobre la argolla.

8. Este es el momento más crítico, pues nadie puede asegurar que vayan a descubrir la regla del paralelogramo. En caso de que no surja el chispazo en algún(os) alumnos, el profesor tendrá que “inducir el descubrimiento”, como por ejemplo, dando un diagrama de fuerzas (fig. 14), mostrar que la fuerza equivalente (o resultante) de dos de ellas debe ser de igual magnitud que la tercera de ellas, así como colineal y opuesta. Para un mismo diagrama, se puede ir considerando cada una de las fuerzas como equilibrante de las otras dos. Se les puede pedir a los alumnos que repitan el análisis para los otros casos de equilibrio que hayan logrado. Finalmente, si vamos dibujando los paralelogramos en cada caso, los alumnos “tendrán que descubrir” que la fuerza resultante de dos fuerzas representadas como segmentos, con un origen común, corresponderá a la diagonal del paralelogramo. Obsérvese que hasta ahora hemos evitado usar las palabras de vector o magnitudes vectoriales y es que una característica fundamental es que se suman de acuerdo con la regla del paralelogramo; o sea, que las fuerzas y todas aquellas magnitudes que cumplan la ley del paralelogramo podremos llamarlas *magnitudes vectoriales*.



9.-Ahora ha llegado el momento de hacer predicciones. Si la ley del paralelogramo “explica” los casos de equilibrio que se han logrado, es necesario poner a prueba esta ley. Si no se había planteado antes, se puede pedir a los alumnos que predigan los ángulos que deben formar entre sí, fuerzas cuyas magnitudes son de 2, 3 y 4 ligones para que se equilibren. Aquí los alumnos deben desarrollar un método con la ayuda del compás para no tener que construir el paralelogramo por ensayo y error.

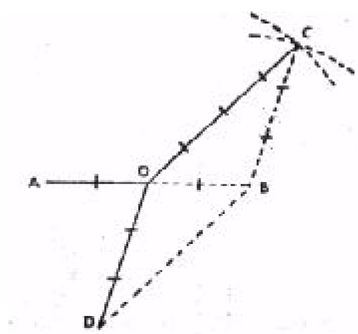


Fig. 14

El método que proponemos es el siguiente: (que se ilustra en la figura 15). Podemos considerar que la fuerza de dos ligones es la equilibrante. Por lo tanto, las fuerzas de tres y cuatro ligones deben tener una resultante colineal, opuesta y de igual magnitud que la de los dos ligones. Sea OA la fuerza equilibrante; entonces deberá ser la resultante de las otras dos fuerzas. Con centro O, trazamos un arco cuyo radio representa cuatro unidades de fuerza y con centro B, trazamos otro arco cuyo radio represente tres unidades de fuerza, los arcos se cortan en el punto C; trasladando paralelamente el segmento CB, dibujamos el segmento OD. Los segmentos con un origen común: OA, OC, OD, representan la solución del problema. Para confrontar la predicción con el experimento, les pedimos a los alumnos que superpongan un cuadro de acrílico a este último diagrama de fuerzas para reproducirlo y, enseguida, intenten, en el abanico, equilibrar un sistema de 2, 3, y 4 ligones, orientando las fuerzas de acuerdo con lo que predice el diagrama.

10.- Supongamos que conseguimos una liga gruesa que cuando se estira lo mismo que el patrón, ejerce una fuerza mayor que un ligón, pero menor que dos ligones (figs. 16 y 17).

Si ahora logramos el equilibrio como se muestra en la figura 18, obteniendo la resultante de las dos fuerzas del ligón, obtendremos el valor de la fuerza ejercida por la liga gruesa. Es de hacerse notar que aunque no hemos construido submúltiplos de nuestra unidad (el ligón), podemos inferir que la fuerza ejercida por la liga gruesa es, por ejemplo, 1.7 ligones.

Si colgamos un objeto como se muestra en las figuras 19 y 20, se puede afirmar que el peso de dicho objeto es mayor que dos, pero menor que tres ligones sin embargo, en la figura 21 vemos al aro centrado; al encontrar la resultante de las fuerzas de uno y dos ligones se obtendrá el valor del peso del objeto, por ejemplo, 2.35 ligones. Es hasta esta última actividad donde hablamos del peso como una fuerza desde un punto de vista operacional: el peso es la fuerza que ejerce el objeto sobre la argolla que lo sostiene.

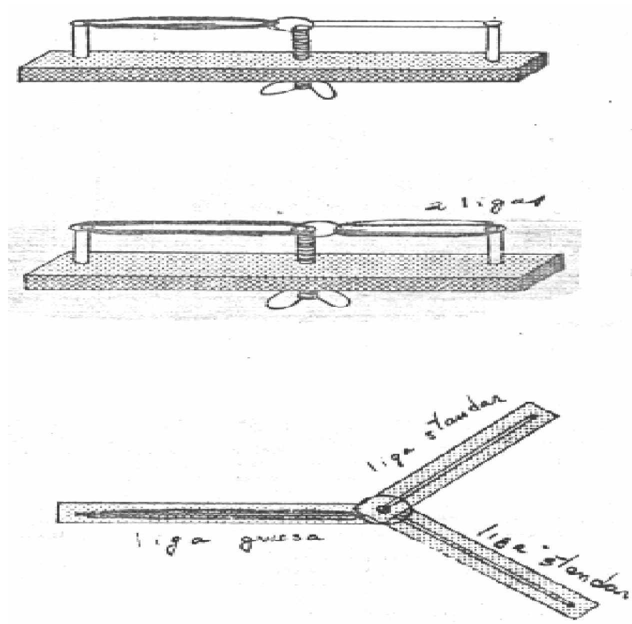


Fig. 16, 17 y 18

COMENTARIOS FINALES:

Se espera que al detallar las actividades sugeridas, haya quedado clara la metodología propuesta, donde se evita una generalización y una formalización prematuras de conceptos, magnitudes y leyes. En lo que respecta al contenido desarrollado, frecuentemente se dice en los libros que la ley del paralelogramo es un resultado experimental y, sin embargo, se les niega a los alumnos el placer de descubrirla. Creemos que la metodología aquí propuesta se puede aplicar en otros temas, lo cual podría hacer mas agradable el aprendizaje y la enseñanza de la física.

Por otra parte, respecto al dispositivo experimental “el abanico de fuerzas”, creemos que tiene claras ventajas, sobre la “mesa de fuerzas” u otros dispositivos equivalentes, tanto en el aspecto conceptual (al no necesitarse la idea del peso) como su sencillez que lo hace fácilmente reproducible, así como por el bajo costo de los materiales, lo cual es evidente.

LA BALANZA DE LIGAS

OBJETIVO:

El alumno realizará algunas actividades en la balanza de ligas con el objeto de:

- Identificar las condiciones para que un cuerpo rígido, sujeto a un conjunto de fuerzas coplanares, permanezca en reposo.
- Aplicar las condiciones de equilibrio en la solución de problemas específicos de estática.

GENERALIDADES:

En la vida diaria encontramos ejemplos de cómo una fuerza relativamente pequeña parece poder equilibrar a otra claramente mayor. (fig. 1) En realidad, además de las fuerzas que el muchacho y la niña están ejerciendo sobre la puerta, están interviniendo otros factores.

En general, para que se dé una situación de equilibrio (fig.2) es importante no sólo la magnitud de las fuerzas aplicadas, sino también, la orientación y el punto de aplicación o la línea de acción de las mismas. Para establecer las condiciones de equilibrio del cuerpo rígido es necesario desarrollar los conceptos anteriores, así como el momento de la fuerza (o torca) que es un ejemplo de producto vectorial.

En la metodología didáctica que se propone se pretende que, con base en generalizaciones sucesivas, los alumnos "descubran" las leyes del equilibrio. Así mismo, el lenguaje matemático aparece en forma natural como una manera de sintetizar y generalizar el conocimiento adquirido. Cuando se hagan predicciones teóricas, deberán ser confrontadas con el experimento. En pocas palabras, se pretende que las actividades experimentales y el desarrollo teórico estén íntimamente relacionados.

El contenido desarrollado en la presente alternativa metodológica se ubica en el punto 1.3, "herramientas matemáticas", de los **Programas Maestros del Tronco Común del Bachillerato Tecnológico.**

MATERIAL
Para construir la balanza de ligas(fig. 3):
3 Varillas de madera de 1.5 x 4 x 105 cm
3 Varillas de madera de 1.5 x 4 x 28 cm
3 Varillas de madera de 1.5 x 4 x 14 cm
50 Clavos de 1"
1 Tornillo con tuerca de 1/8 x 2"
5 Rondanas grandes de 1/8"
3 ó 4 Metros de elástico de poliéster (conocido como resorte tubular en las mercerías).

NOTA: la balanza está diseñada para funcionar tanto en posición horizontal (fig. 4) como en posición vertical (fig. 5). Para que gire libremente, deberán colocarse las rondanas que sean necesarias entre la varilla móvil y la varrilla fija central (fig.6) y, por supuesto, la tuerca del tornillo no debe estar apretada. Cuando se use en posición vertical (fig. 5) puede ser necesario colocar un contrapeso, por ejemplo, un pedazo de plastilina en la parte posterior de la varilla móvil. Conviene hacer algún tipo de marcas que permitan verificar fácilmente cuando la varilla móvil, queda centrada. (figs. 4 y 5).

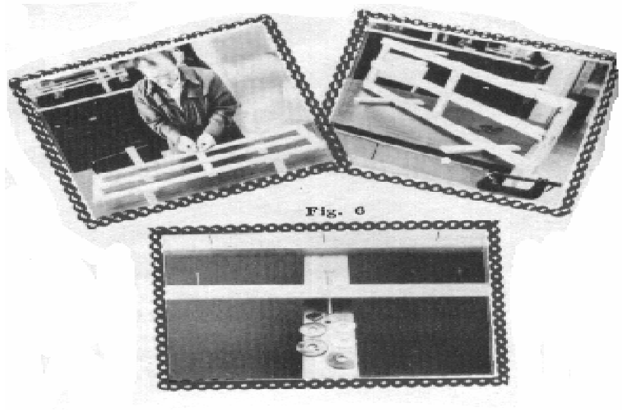


Fig. 6

PROCEDIMIENTO:

Consiste en cinco etapas:
En la primera se les pide a los alumnos que seleccionen, a partir de una liga-patrón, un conjunto de réplicas, lo cuál les permitirá aplicar fuerzas de 1, 2, 3 etc., unidades de fuerza. En la segunda etapa los alumnos deben llegar a descubrir la “ley de la palanca”. En la tercera etapa se generaliza esta ley para tres o más fuerzas paralelas, actuando sobre la varilla móvil, también se introduce el peso de un cuerpo como una fuerza que puede medirse en unidades arbitrarias de fuerza.

En la cuarta etapa se considera la fuerza que ejerce el apoyo y se establece que, tanto la suma algebraica de los momentos como de las fuerzas mismas, debe ser cero cuando la varilla está en reposo; y se generaliza el concepto de momento de la fuerza como producto vectorial para el caso del sistema de fuerzas coplanares no paralelas y, queda como opción considerar el concepto de “par de fuerzas”.

Finalmente, en la quinta etapa se aplican las condiciones de equilibrio previamente estudiadas a la resolución de problemas convencionales de estática.

1. Cada grupo de tres ó cuatro alumnos contará con una balanza de ligas que colocará en posición horizontal, mientras no se indique lo contrario. Además, contarán con 15 trozos de elástico de 20 cm. c/u. Con cada trozo deberán hacer una liga[1] de 8 cm. de longitud, haciendo un nudo. Sin embargo, sólo en una de las ligas deberá apretarse previamente el nudo, ésta será la **liga patrón**; en las demás, el nudo deberá quedar ligeramente flojo para poder hacer pequeños ajustes en su longitud.

Cuando estiramos la liga con los dedos sentimos que la liga ejerce mayor fuerza sobre ellos a medida que más la estiramos. Definimos nuestra unidad de fuerza (*uf*) como la que ejerce la liga patrón cuando se estira hasta unos 12 cm. (que corresponde al estiramiento que tendría la liga al estar colocada entre *A* y *A’*, estando centrada la varilla móvil). Para verificar que tan buenas réplicas se tienen de la liga patrón, se procede de la siguiente manera: Se engancha la liga patrón en los clavos *A* y *A’* (fig. 7). Para que la varilla recupere su posición centrada se coloca otra liga (réplica de la patrón) enlazando los clavos *A* y *A’’* (fig. 8).[2]

[1] Originalmente se seleccionaban ligas comunes como se indica en el “Abanico de fuerzas” (Enlace Docente, 7) sin embargo, el trabajar con “ligas” construidas con elástico ha mostrado claras ventajas.
[2] En caso de que la varilla móvil roce con la varilla fija de la derecha, conviene colocar un contrapeso (1 moneda) sobre el lado izquierdo de la varilla móvil para que ésta oscile libremente.

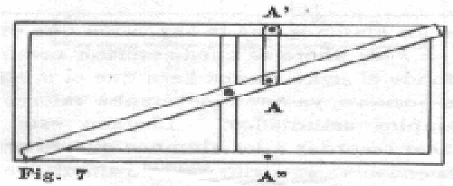


Fig. 7

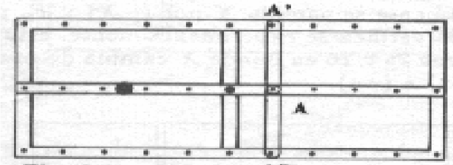


Fig. 8

En caso de que la varilla no quede perfectamente centrada se harán pequeños ajustes recorriendo el nudo de la segunda liga hasta lograrlo. Posteriormente se repite este procedimiento para las réplicas restantes.
Es muy importante, antes de continuar, que el profesor se cerciore de que los alumnos hayan obtenido buenas réplicas de la liga patrón, pues ello es indispensable para lograr el éxito en los siguientes ejercicios. En lo sucesivo, al hablar de ligas se estará haciendo referencia a las réplicas de la liga patrón

2. Ahora se trata de que, mediante la resolución de una serie de ejercicios experimentales, los alumnos "descubran" que si se aplican dos fuerzas F_1 y F_2 en el mismo lado de la balanza (el lado derecho) y a distancias del eje de rotación d_1 y d_2 respectivamente, como se muestra en la figura 9, la varilla móvil permanecerá centrada siempre que F_1 y $d_1 = F_2 d_2$.

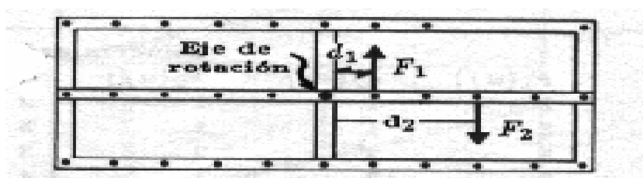


Fig. 9

Para ello, el profesor les planteará ejercicios del siguiente tipo: enganchar un cierto número de ligas en el clavo indicado en las siguientes figuras (10 a 15) en donde cada línea va a representar una liga y el asterisco correspondiente al eje de rotación.

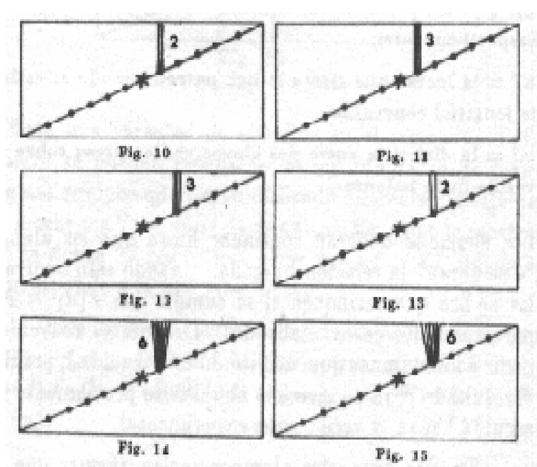
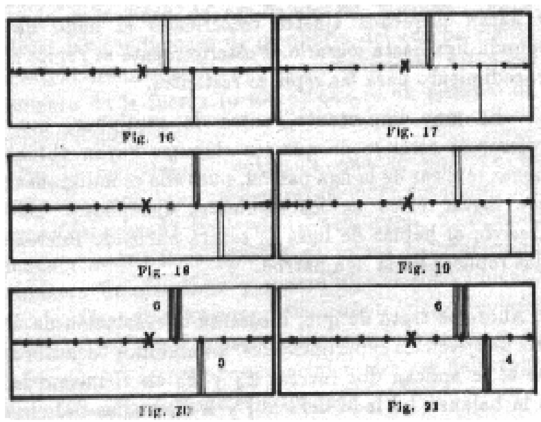


Fig. 10 Fig. 11
Fig. 12 Fig. 13
Fig. 14 Fig. 15

En cada caso los alumnos deberán centrar la balanza colocando cierto número de ligas en algún clavo que esté mas a la derecha. Así, los ejercicios anteriores quedarán resueltos cuando después de haber procedido por ensayo y error, hayan logrado centrar la balanza del siguiente modo: (fig. 16 a 21).



A medida que vayan resolviendo los ejercicios se les pedirá que registren los resultados en una tabla del siguiente tipo:

			Solución experimental	
	F_2(uf)	d_2(ud)	F_2(uf)	d_2(uf)
A	2	1	1	2
B	3	1	1	3
C	3	2	2	3
D	2	2	1	4
E	6	1	2	3
E	6	1	3	2
F	6	2	4	3
F	6	2	3	4

Uf y *ud* son nuestras unidades de fuerza y distancia respectivamente:

uf = La fuerza que ejerce la liga patrón cuando se estira a la longitud convenida.

ud = La distancia entre dos clavos consecutivos sobre una varilla de la balanza.

Los ejercicios deberán continuar hasta que los alumnos "descubran" la relación buscada. Cuando esto ocurra, se les pedirá que verifiquen si se cumple que $F_1d_1=F_2d_2$ para todos los casos analizados. Después es conveniente pedir a los alumnos que, utilizando esta igualdad, predigan el resultado para un ejercicio no resuelto previamente y enseguida hagan la verificación experimental.

En este punto los alumnos suelen afirmar que una misma liga, igualmente estirada, ejerce mayor fuerza por el hecho de estarse aplicando a mayor distancia del eje de rotación; aquí habrá que aclarar que lo que se hace mayor no es la fuerza sino el momento de la fuerza (M) donde: $M= Fd$[3].

3. Para ejemplificar que el lenguaje matemático no sólo sintetiza el conocimiento sino que también nos sugiere cómo plantear nuevas hipótesis, conviene utilizar ejes coordenados y números con signo y considerar que la varilla móvil en su posición centrada coincide con el **eje** *x* y que las fuerzas aplicadas

[3] Esta definición de "momento de la fuerza" es válida porque las fuerzas se están aplicando perpendicularmente a la varilla. La unidad del momento de la fuerza será (*uf*)(*ud*).

son paralelas al **eje** *y*, estando el origen en el eje de rotación (fig. 23). La tabla anterior puede ser reescrita como se muestra en la fig. 24.

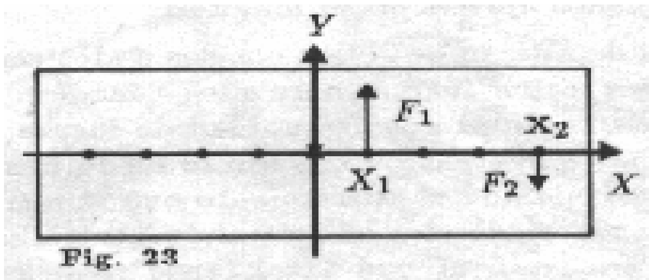


Fig. 23

F_y(uf)	X_1(ud)	F_{2y}(uf)	X_2(ud)
+2	+1	-1	+2
+3	+1	-1	+3
+3	+2	-2	+3
+2	+2	-1	+4
+6	+1	-2	+3
.	.	.	.
.	.	.	.
.	.	.	.

Hacer ver a los alumnos que la expresión que escribíamos como $F_1d_1 = F_2d_2$ ahora se puede escribir como $X_1F_{1y} = -X_2F_{2y}$, donde el signo menos hace que el miembro de la derecha sea positivo, ya que F_{2y} tomaba valores negativos en los ejemplos estudiados. Llegado este momento conviene hacer recordar a los alumnos que, el producto de dos factores conserva su signo cuando simultáneamente se cambia el signo de cada uno de los factores; por lo tanto, es de esperarse que el signo del momento se conserve cuando simultáneamente se cambia *X* por (-*X*) y F_y por ($-F_y$) como pude verificarse experimentalmente, esto se ilustra en las figuras 25 y 26 en donde *X* cambia de (+4) a (-4) y la F_y de (-1) a (+1).

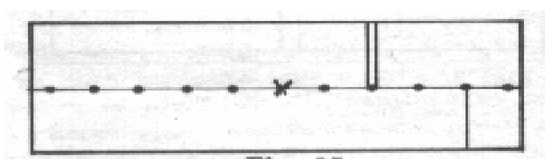


Fig. 25

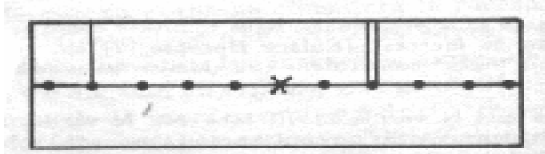


Fig. 26

Debe hacerse notar que si se aplica a la varilla, inicialmente en reposo, un momento positivo (por ejemplo (+2) (+2) = +4) giraría en un cierto sentido. + Si en cambio se aplicara únicamente un momento negativo (por ejemplo: (-4) (+1) = -4) giraría en el sentido opuesto - .

Si ahora se escribe la última ecuación como $X_1F_{1y} + X_2F_{2y} = 0$ y se pregunta a los alumnos qué condición debería cumplirse para que la varilla no rotara cuando se aplican tres o más fuerzas, es muy posible que digan que es de esperarse que $X_1F_{1y} + X_2F_{2y} + X_3F_{3y} + \ldots = 0$, lo cual no ocurriría si nos hubiéramos quedado con la expresión $F_1d_1 = F_2d_2$, donde únicamente se consideran números positivos.

Ahora se les puede plantear a los alumnos ejercicios del tipo siguiente: les pedimos que inicialmente coloquen tres ligas como se indica en la figura 27 y que traten, con otra liga, de centrar la varilla.

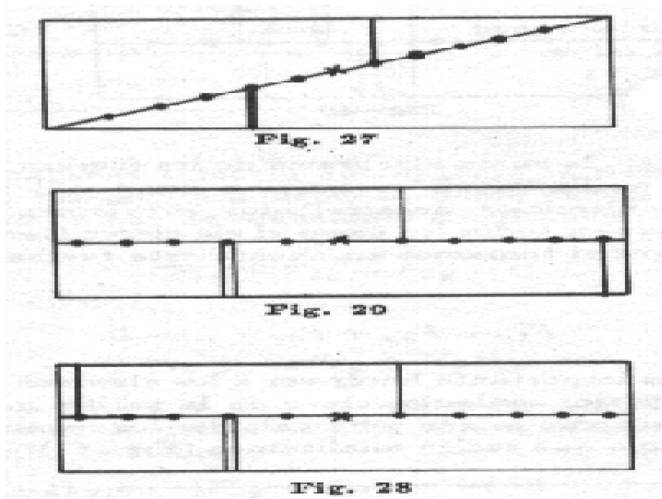


Fig. 27 ,28, 29

Después de algunos intentos seguramente arribarán a algunas de las soluciones mostradas en las figuras 28 y 29;[4] pedirles entonces que verifiquen, por sustitución, la validez de la ecuación $X_1F_{1y} + X_2F_{2y} + X_3F_{3y} = 0$. En el caso del arreglo mostrado en la figura 29 se tendría:

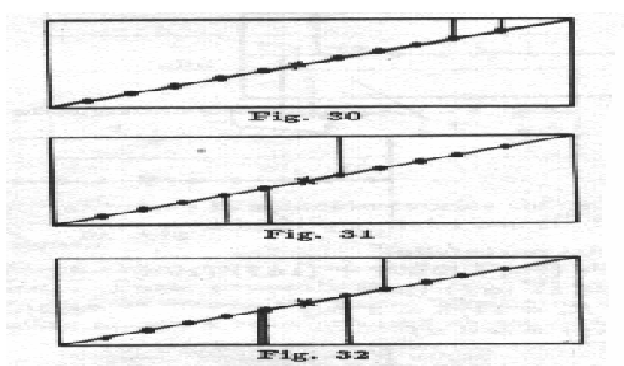
(-2) (-2) + (+1) (+1) + (+5) (-1) = 0. Se hubiera podido predecir la solución, ya que de acuerdo con los datos del problema (fig. 27) se tiene que:

$X_1 = -2$, $F_{1y} = -2$, $X_2 = +1$, $F_{2y} = +1$, $X_3 = ?$ y $F_{3y} = +1$, dado que se pide equilibrar utilizando solamente una liga; se despeja X3 de la última ecuación y se sustituyen los datos. Se tiene así:

$$X_3 = \frac{-(X_1F_{1y} + X_2F_{2y})}{F_{3y}} = \frac{(-2)(-2)+(+1)(+1)}{+1} = \frac{-(+4)+(+1)}{+1} = \frac{-[+5]}{+1} = -5$$

Que corresponden a la solución ilustrada en la figura 28.

Otros ejercicios similares podrían ser: Cómo centrar la varilla a partir de las situaciones dadas en las figuras siguientes: Figs. 30, 31 y 32.



Existe una variedad de elásticos en el mercado. Por lo tanto, se pueden comparar las uf (unidades de fuerza) de dos equipos que hayan utilizado diferente elástico para elaborar sus ligas. Si se da una

[4] Si no logran centrar la varilla móvil colocando la cuarta liga como se muestra en 28 ó 29, muy probablemente esto se deba a que alguna o algunas de sus ligas, ya no son buenas réplicas de la liga patrón.

situación como la mostrada en la figura 33 eso querrá decir que uf>uf’ donde uf’ corresponde a la liga mas “suave”.

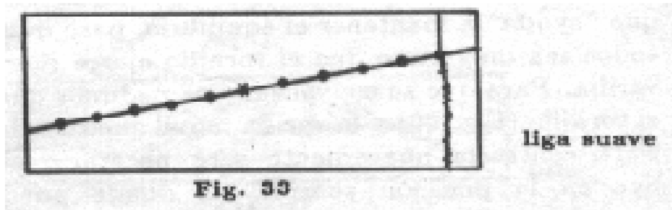


Fig. 33

Si la varilla se centra cuando las ligas se colocan como se muestra en la figura 34, entonces se puede inferir que:

$$(5ud)\ (uf') = (4ud)\ (uf) \text{ y por tanto } uf' = (4/5)uf = 0.8uf.$$

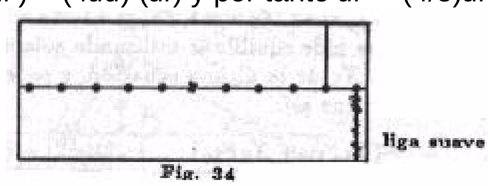


Fig. 34

Ahora se les puede decir que coloquen la balanza en posición vertical para pesar objetos. Así, en la figura 35 el cuaderno de argollas que cuelga jala el clavo con una fuerza igual a la que ejerció la liga suave del caso anterior; por lo tanto, el peso del cuaderno es de o.8*uf*. En forma similar los alumnos pueden pesar diferentes objetos (figs. 36 y 37).

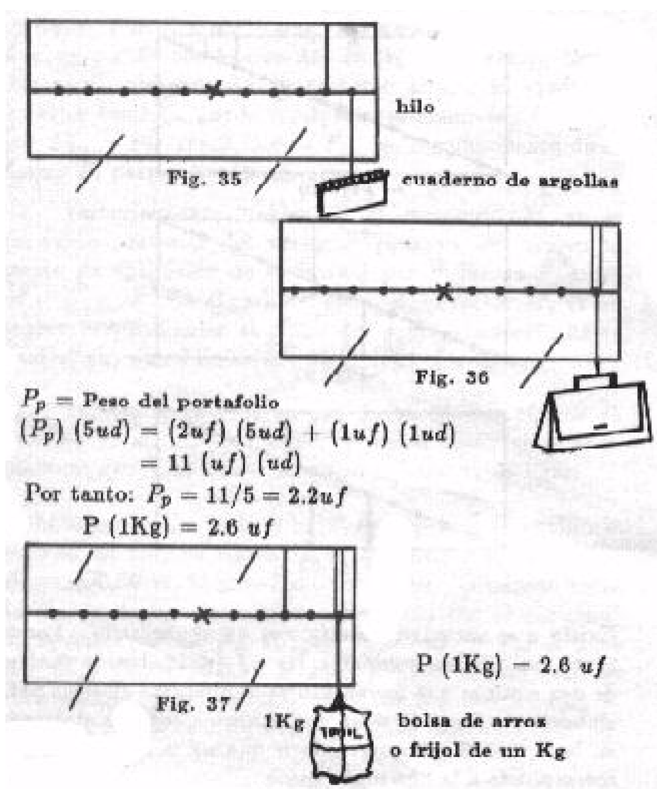


Fig. 35
Fig. 36
Fig. 37

4. Ahora les pedimos a los alumnos que coloquen la balanza en posición horizontal y centren la varilla, colocando las ligas como se muestra en la fig. 38 y, entonces, les preguntamos acerca del papel que juega el eje (o sea el tornillo central); todos estarán de acuerdo en que “ayuda” a mantener el equilibrio, pero quizás no para todos sea muy claro que el tornillo ejerce fuerza sobre la varilla. Para que se convenzan, les pedimos que remuevan el tornillo (fig. 39) y la varilla móvil quedará descentrada. Para centrarla nuevamente será necesario colocar una liga en la posición central, de donde puede inferirse que el tornillo estaba ejerciendo una fuerza de 1*uf* sobre la varilla (fig. 40). Nótese que el tornillo ya no está funcionando como eje sino como uno más de los clavos.

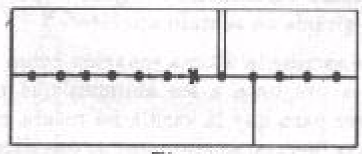


Fig. 38

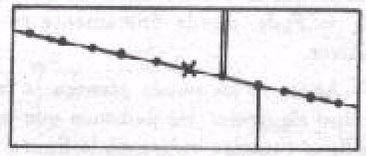


Fig. 39

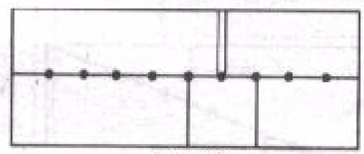


Fig. 40

Por lo tanto, la suma algebraica de las fuerzas que actúan sobre la varilla móvil es igual a cero. Si revisan los diferentes ejercicios desarrollados previamente, podrán verificar que en todos los casos el eje ejerce fuerza sobre la varilla y que si tomamos en cuenta esta fuerza se tendría que:

$$F_{1y} + F_{2y} + F_{3y} + ... = 0.$$

También es importante hacer ver a los alumnos que, ahora que no hay eje, cualquier clavo de la varilla móvil puede ser tomado como origen para calcular los momentos. Así, el ejemplo que recién analizamos (fig.41).

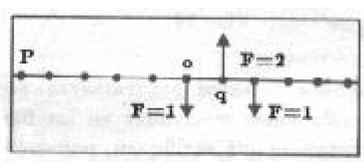


Fig. 4

La suma de los momentos respecto al punto *P* es:

(+5) (-1) + (+6) (+2) + (+7) (-1) = 0, y respecto al punto *q* es: (-1) (-1) + (+?) (-1) = 0.

Así pues, al considerar todas las fuerzas que actúan sobre la varilla móvil, se observa que para que se mantenga en equilibrio es necesario que:

$$F_{1y} + F_{2y} + F_{3y} + ... = 0, \text{ además de que } X_1F_{1y} + X_2F_{2y} + X_3F_{3y} + ... = 0.$$

Ahora que los alumnos son conscientes de las dos condiciones de equilibrio se les puede plantear una serie de problemas donde, dadas dos o más fuerzas sobre la varilla (sin eje) figuras 42 y 43, hay que encontrar la fuerza equilibrante y su punto de aplicación. Por ejemplo, se les pide que pongan ligas como se muestra en la figura 42 y también, que encuentren el valor de la fuerza equilibrante y su punto de aplicación:

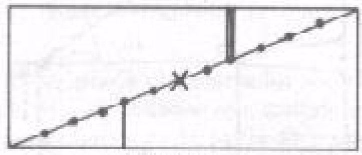


Fig. 42

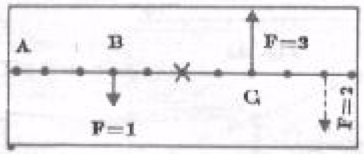


Fig. 43

proporción de tamaño de las fuerzas 1< 2> 3>

Para encontrar la solución que aparece en la línea punteada (fig. 43) los alumnos deberán darse cuenta que están resolviendo un par de ecuaciones simultáneas:
Problemas similares al anterior, con su respectiva solución en línea punteada, se muestran en las figuras 44 y 45 en donde la balanza se coloca en posición horizontal y no hay eje. En realidad cualquiera de las fuerzas y su punto de aplicación, pueden ser consideradas las incógnitas del problema.

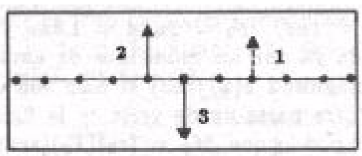


Fig. 44

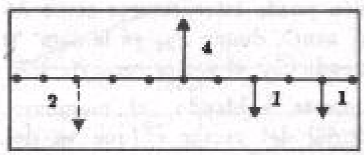
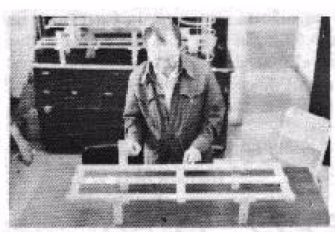


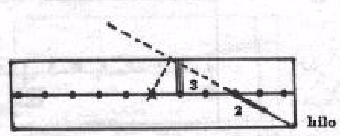
Fig. 45

Es importante que la solución teórica de cada problema se vea como una predicción que debe ser confrontada con el experimento.

Hasta ahora se ha trabajado con sistemas de fuerzas paralelas. Para generalizar el concepto de momento de la fuerza es necesario hacer ejercicios experimentales semejantes al que a continuación se muestra:



Todas las ligas deben estirar a la misma longitud yendo a las que tiran en dirección oblicua de la varilla.



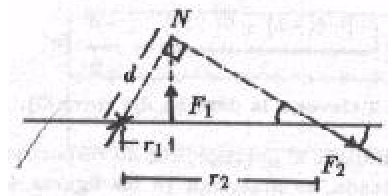


Fig. 48

donde el momento de F_1 respecto del eje es (F_1) (r_1) (fig. 48) pero el momento de F_2 respecto al eje no es (F_2) (r_2) sino (F_2) (d) donde "*d*" es la distancia del eje a la línea de acción de la fuerza F_2. En el ejemplo (fig. 46 y 47) F_1= 3*uf*,r_1=1*ud*, F_2= 2*ufd*= 1.5*ud* y la varilla está equilibrada ya que en los momentos de ambas fuerzas tienen igual magnitud 3(*uf*)(*ud*) si bien son de sentido opuesto. Por otra parte puede verse en la figura 48 que $d= r_2$ sen O por lo que $M_2= (r_2)(F_2)(sen O)$, donde M_2 es el momento de F_2 respecto al eje; la expresión anterior también puede interpretarse como $M_2= r_2F_{2y}$ con $F_{2y}=F_2\ senO$, donde F_{2y} es la componente de la fuerza F_2 perpendicular al vector r_2.

Vectorialmente hablando, el momento $\vec{M}$ es el producto vectorial del vector $\vec{r}$ (que va del origen al punto de aplicación de la fuerza) por la fuerza $\vec{F}$ o sea $\vec{M} = \vec{r}\ x\ \vec{F}$. En el caso del ejemplo, el vector $\vec{M_2}$ es un vector perpendicular al plano del papel y dirigido hacia dentro, cuyo módulo es $|\vec{M_2}|=|\vec{r_2}|\ |\vec{F_2}|\ (senO)$.

5. Finalmente, veamos un par de problemas típicos de estática y, al mismo tiempo, veremos como se pueden plantear ejercicios equivalentes en la balanza de ligas:

Problema 1. Un "sube y baja" se mantiene en equilibrio cuando un niño se sienta en un extremo y un adulto se sienta a 0.60 m, al otro lado del apoyo. ¿cuántas veces es mayor el peso del adulto comparado con el del niño?. Respuesta: Sean P_A el peso del adulto y P_N el peso del niño $P_A\ X$ 0.60m= $P_N\ X$ 1.50m/0.60m $X\ P_N$ = 2.5 P_N; El peso del adulto es 2.5 veces el peso del niño.

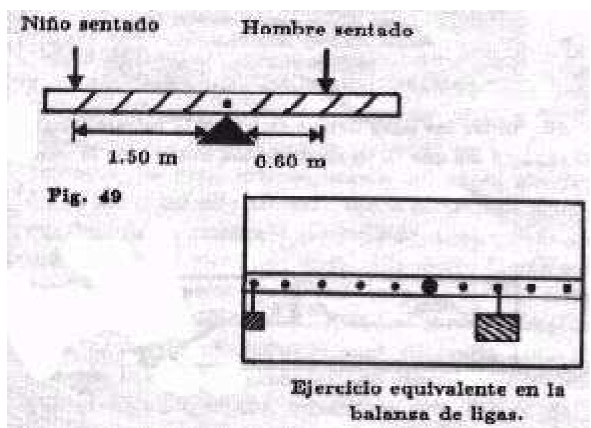


Fig. 49

Ejercicio equivalente en la balanza de ligas.

Problema 2. Calcular la fuerza con la que el cable "tira" de un extremo el "anuncio" como se muestra en la figura 51, donde el otro extremo superior está sujeto por una articulación y el peso del anuncio es de 500 N.

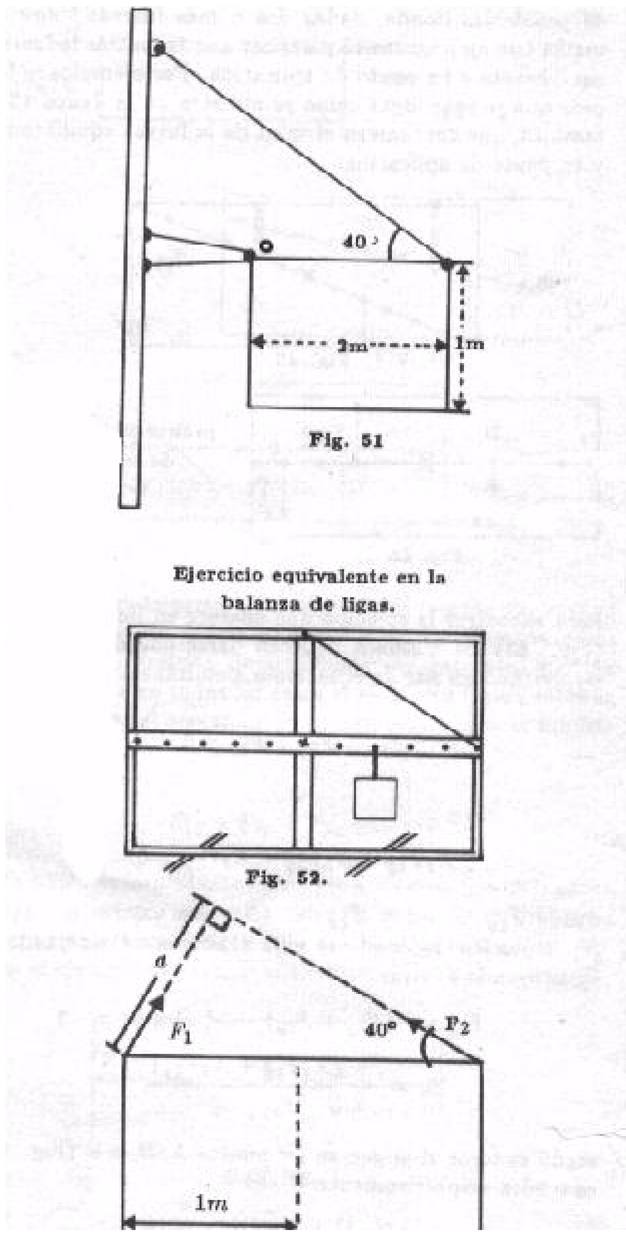


Fig. 51

Ejercicio equivalente en la balanza de ligas.

Fig. 52.

Del diagrama del cuerpo libre se tiene que la suma de momentos con respecto al punto "0" debe ser igual a cero, entonces el momento de la fuerza F_2 debe ser igual magnitud que el momento de la fuerza de 500 N (igual al peso). Por lo tanto:

(F_2) (d) = 500 N) (1m)

pero d= (2m) (sen 40) = (2m) (0.643) = 1.286m

entonces F_2 = 500/1.286 = 389 N.

Problemas de estática con diferente grado de dificultad se podrán encontrar en la bibliografía.

COMENTARIOS FINALES:

La opción metodológica aquí propuesta implicaría al menos dos sesiones de dos horas cada una para su desarrollo, además de la construcción de suficiente número de “balanzas” para que trabajen los alumnos. Si al profesor le parecen atractivas las actividades planteadas en este trabajo, pero no considera factible llevarlas a cabo en su curso, tiene la alternativa de construir una balanza de ligas y realizar las actividades aquí sugeridas para familiarizarse con el dispositivo y, entonces, usarlo para realizar los experimentos demostrativos que él considere pertinentes. Queda al profesor encontrar el mejor procedimiento para que el alumno maneje los errores experimentales que seguramente surgirán en el desarrollo de la clase.

PRIMERA LEY DE NEWTON

OBJETIVO:

Demostrar experimentalmente la primera ley de Newton.

GENERALIDADES:

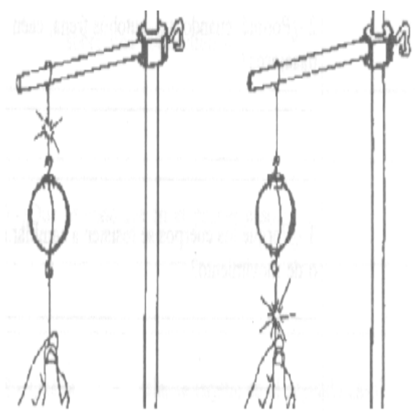
Todo cuerpo permanece en estado de reposo o de movimiento uniforme hasta que un agente externo modifique este estado (inercia).

MATERIAL
1 Soporte Universal
1 Esfera de hierro grande
2 Tramos de cordel 12 cms.
2 Botellas de vidrio
1 Cartulina pequeña
1 Nuez con gancho

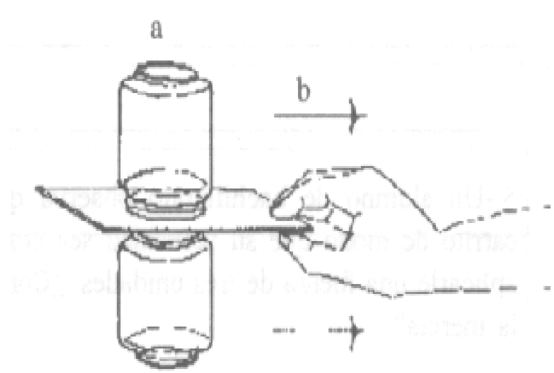
PROCEDIMIENTO:

Primer Caso:
Se monta el aparato como se indica en la figura, suspendiendo la bola por medio de un hilo delgado.

Si se jala lentamente el hilo de abajo, se romperá el de arriba. En cambio, si el jalón es rápido, el que se rompe es el de abajo.



Segundo Caso:
Se colocan dos botellas de vidrio, una encima de otra y entre ellas una pequeña tarjeta: como se muestra en la figura (a)



Después se jala rápidamente la tarjeta, en forma horizontal, (b). Anote lo que sucede.

1. Explique con sus propias palabras la primera ley de Newton.

2. ¿Porqué cuando un autobús frena, caen hacia adelante sus pasajeros?

3. ¿Porqué los cuerpos se resisten a cambiar su estado de reposo o de movimiento?

4. ¿Es correcta la siguiente afirmación? “para mover un piano de un extremo a otro de una habitación, tenemos que hacer un esfuerzo para que empiece a moverse: Pero luego, en virtud de la ley de inercia no necesitamos aplicar ninguna fuerza mas para detenerlo cuando llegue al otro extremo.

5. Un alumno de bachillerato observa que para arrastrar un carrito de modo que su velocidad sea constante, es necesario aplicarle una fuerza de tres unidades. ¿Contradice esto la ley de la inercia?

6. ¿En cuál de los siguientes casos será válida la primera ley de Newton?

   a) Un tren moviéndose en línea recta con rapidez constante.
   b) Un auto moviéndose sobre una curva con rapidez constante.
   c) Un autobús que está desacelerando moviéndose sobre una vía rectilínea.

7. ¿Qué se concluye en el primero caso?

8. ¿Qué ocurrió, al jalar la tarjeta, en el segundo caso?

CONCLUSIONES:

MOVIMIENTO RECTILÍNEO Y UNIFORME

OBJETIVOS:

Experimental: Determinar la velocidad media de un móvil en función de la posición y el tiempo.

Aprendizaje: Comprender que es un movimiento rectilíneo y uniforme.
Analizar los datos de una gráfica y darles una interpretación física.

MATERIAL
Riel de aire con liga
Carrito para el riel con dos topes
Cronómetro
Lanzador de resorte

INTRODUCCIÓN TEÓRICA:

El movimiento más simple posible es el rectilíneo y uniforme, su sencillez proviene por un lado de que es un movimiento unidireccional, es decir, que este ocurre a lo largo de una trayectoria recta y, por otro, que para cualesquiera intervalos iguales de tiempo corresponden intervalos iguales en el desplazamiento, así el carácter de uniformidad permite una descripción simple. En general se el objeto en el espacio se encuentra en una posición $\boldsymbol{r}_i$ en un correspondiente tiempo $\boldsymbol{t}_i$ y posteriormente en una posición $\boldsymbol{r}_f$ en un tiempo $\boldsymbol{t}_f$, los signos $\Delta\boldsymbol{r}$ y $\Delta\boldsymbol{t}$ definidos como:

$$\Delta r = r_f - r_i$$

$$\Delta t = t_f - t_i$$

Representan el desplazamiento e intervalo de tiempo transcurrido. La velocidad media se define entonces como el cociente de ambos:

$$v = \Delta r / \Delta t$$

En el caso del movimiento rectilíneo la velocidad media tiene la forma:

$$v = \Delta r / \Delta t = (x_f - x_i) / (t_f - t_i)$$

Donde $\boldsymbol{x}$ representa la posición a lo largo de la dirección del movimiento, siendo suficiente una coordenada para indicarlo. Para el movimiento rectilíneo y uniforme, la velocidad media es constante entre cualquier posición e instante final e inicial. Por consiguiente la velocidad se puede representar en una gráfica de posición contra el tiempo como se indica en la siguiente figura:

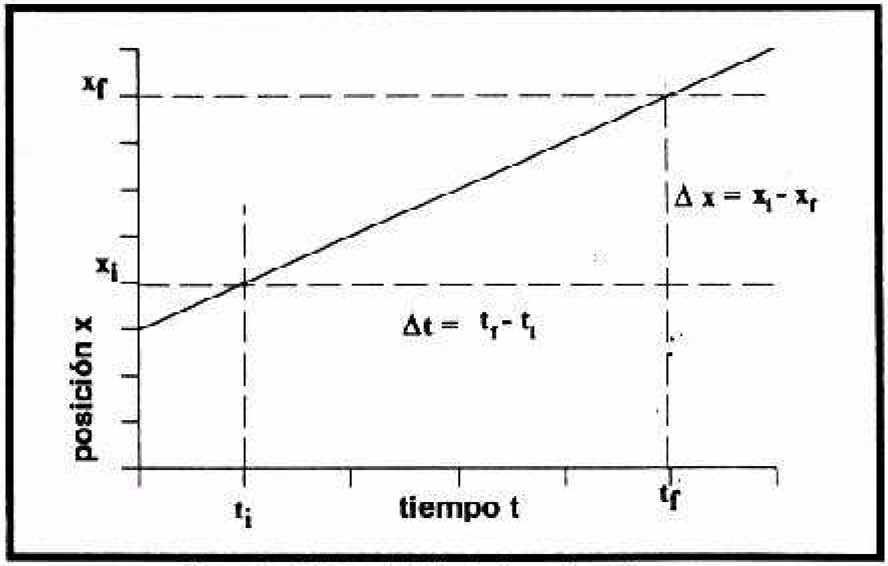


Figura 1. Gráfica del Movimiento Rectilíneo Uniforme.

PROCEDIMIENTO:

El primer punto es nivelar el riel sin fricción horizontalmente, posteriormente se eligen las posiciones que definen los desplazamientos del móvil al cual se le van a medir los correspondientes intervalos de tiempo. Es conveniente elegir las posiciones de manera que estén separadas por lo menos 10 c.m., sobre todo en los primeros puntos. Una vez determinadas las posiciones se debe lanzar el carrito de forma que los lanzamientos sean reproducibles, para ello se determina la longitud que se comprime el resorte impulsor pegando el móvil a éste, procurando que la compresión sea igual para cada lanzamiento (ver figura 2), para soltar el móvil de la misma manera cada vez.

Finalmente, se dispara el carrito tantas veces como número de posiciones hayan sido elegidos desde la posición inicial, midiendo los correspondientes intervalos de tiempo que tarda desde la posición inicial hasta cada una de las posiciones elegidas. Para obtener mejores resultados es conveniente repetir por lo menos cinco veces las lecturas de tiempo para cada desplazamiento definido.

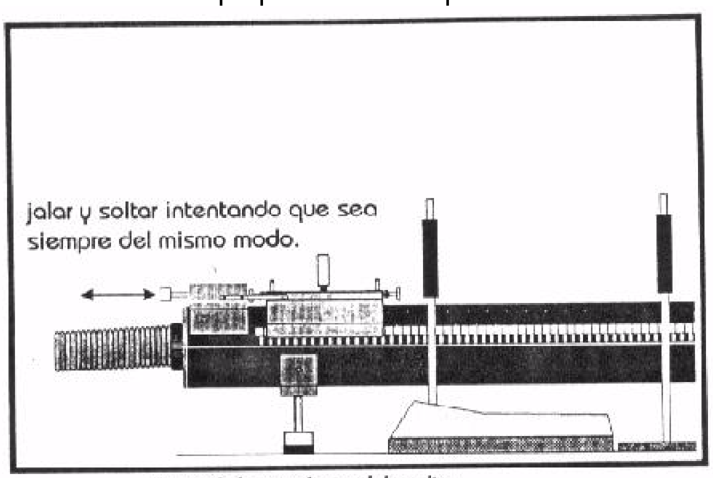


Figura 2. Lanzamiento del carrito.

ANÁLISIS DE RESULTADOS

Los datos obtenidos corresponden a una lista de posiciones $x_1,x_2,x_3,...,x_n$ y los correspondientes intervalos de tiempo $\Delta t_{1,j}$, $\Delta t_{2,j}$,... $\Delta t_{n,j,}$ al moverse el carrito de la posición x_0 a la posición elegida x_i. Estos se pueden anotar en una tabla de desplazamiento e intervalos de tiempo, calculando los tiempos promedio, como se presenta más adelante y se hace la gráfica de desplazamiento contra promedio de intervalo de tiempo, para trazar una recta por el método de ajuste a “ojo”, como se muestra en la figura 3.

Desplazamientos Δx (cm)	Intervalos de tiempo Δt (s)	Promedio de Intervalo de tiempo $\Delta \bar{t}$(s)
$\Delta x = x_1 - x_0 =$ ⋮	$\Delta t_{1,1} =$ ⋮ $\Delta t_{1,10} =$	$\Delta \bar{t}_1 = \frac{\sum_{i=1}^{10} \Delta t_{1i}}{10} =$
⋮	⋮	⋮

El ajuste gráfico, denominado a “ojo”, consiste en elegir una de las rectas posibles, basando la elección en que la recta elegida pase por el mayor número de puntos o que los puntos queden igualmente distribuidos tanto para arriba como para abajo de la recta trazada. Para asociarle una incertidumbre a la pendiente y a la ordenada al origen de la recta ajustada, se trazan se trazan dos rectas auxiliares paralelas a la primera, sobre los extremos más alejados de las incertidumbres (ver figura 3). Posteriormente se trazan las rectas diagonales que proporcionan las pendiente máxima y mínima respectivamente, la primera se traza a partir del extremo izquierdo de la línea auxiliar inferior al extremo derecho de la línea auxiliar superior, la segunda diagonal se traza del extremo izquierdo de la línea auxiliar superior al extremo derecho de la línea auxiliar inferior.

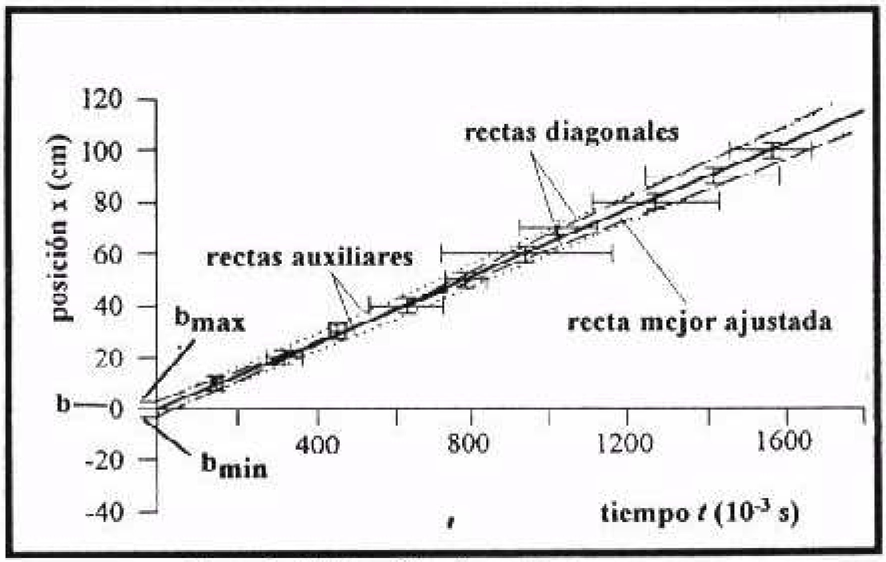


Figura 3. Ajuste gráfico de una recta.

De esta forma se establece la incertidumbre de la pendiente como:

$$\delta m = máx \left\{ \left| m_{máx} - m_a \right|, \left| m_{mín} - m_a \right| \right\}$$

y la incertidumbre de la ordenada al origen es:

$$\delta b = máx \left\{ \left| b_{máx} - b_a \right|, \left| b_{mín} - b_a \right| \right\}$$

COMENTARIOS:

Los resultados muestran una relación creciente entre posición y tiempos. Esta relación es directamente proporcional o lineal, de manera que fácilmente se puede trazar una recta en la gráfica ***x*** vs $\boldsymbol{\Delta t}$ por el método de ajuste a "ojo" y de esta recta se puede estimar la velocidad media del móvil según la pendiente de la recta.

Si se cuenta con el equipo para poder registrar el evento fotográficamente, (cámara con la posibilidad de mantener abierto el obturador por tiempo arbitrario, película sensible y un estroboscópio). Se puede obtener un resultado con mayor precisión, sin tener que repetir el movimiento para cada desplazamiento y observando de manera directa el tipo de movimiento del cual se trata. Los pasos generales para la realización de la práctica por este método son los siguientes:

Se monta el equipo como en la descripción anterior, procurando que el riel quede perfectamente horizontal (la experiencia debe realizarse en un local que pueda obscurecerse). Se ajusta la lámpara estroboscópica a una frecuencia adecuada, es decir a una frecuencia en la que no se tengan demasiados puntos difíciles de medir (traslapados), ni muy pocos puntos que no permitirían un buen análisis.

Una vez montado el equipo y colocada la cámara desde donde va a ser tomada la fotografía (la cámara debe estar firmemente sujeta), se procede a la realización; justo antes de soltar el lanzador del carrito, se abre el obturador de la cámara y se mantiene abierto durante todo el tiempo que tarde el carrito en recorrer el riel. Es conveniente realizar dos o tres ensayos para elegir la mejor fotografía.

SUGERENCIAS PARA DISCUSIÓN:

I. El concepto de velocidad media y su representación geométrica.

II. El método gráfico y la determinación de la incertidumbre.

III. Qué dificultades acarreará para la práctica, el considerar posiciones separadas cada 5 cm. en lugar de cada 10 cm.

VELOCIDAD INSTANTÁNEA

OBJETIVOS

Experimental: Determinar la velocidad instantánea de un objeto, en un punto de su trayectoria.
Aprendizaje: Comprender el concepto de velocidad instantánea.

Utilizar la extrapolación como una predicción para la determinación de magnitudes físicas, en especial, las relacionadas con el concepto de límite.

MATERIAL
Riel de aire con liga
Carrito para el Riel con dos Topes
Cronómetro.
2 Fotoceldas
1 Bandera

INTRODUCCIÓN TEÓRICA:

El movimiento de los objetos no siempre es rectilíneo y uniforme, sino mucho mas complejo y la definición:

$$\bar{v} = \Delta x / \Delta t$$

Solo proporciona la velocidad media ocurrida en un desplazamiento durante un intervalo de tiempo.

Para describir el movimiento punto a punto, es necesario hacer uso del concepto de límite de una función para un proceso de cambio infinitesimal, que permite determinar la velocidad en una posición e instante cualesquiera. La velocidad instantánea se define como:

$$v_{ins} = \lim_{\Delta t \to 0} (\Delta x / \Delta t) = dx/dt$$

Cuya interpretación geométrica en una gráfica ***x*** vs ***t*** consiste en tomar intervalos de tiempo cada vez mas pequeños hasta determinar la pendiente de la tangente en el punto en que se quiere conocer la velocidad sobre la trayectoria, como se presenta en la figura 1.

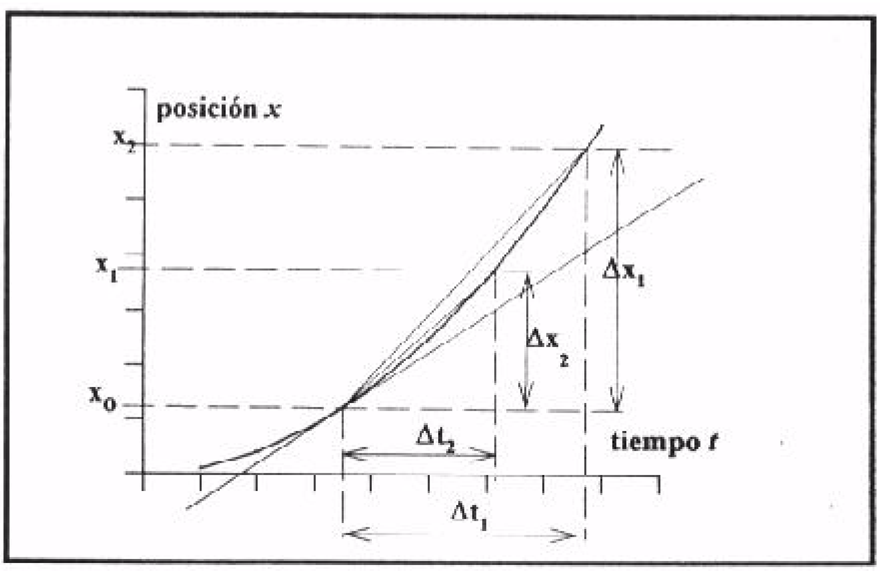
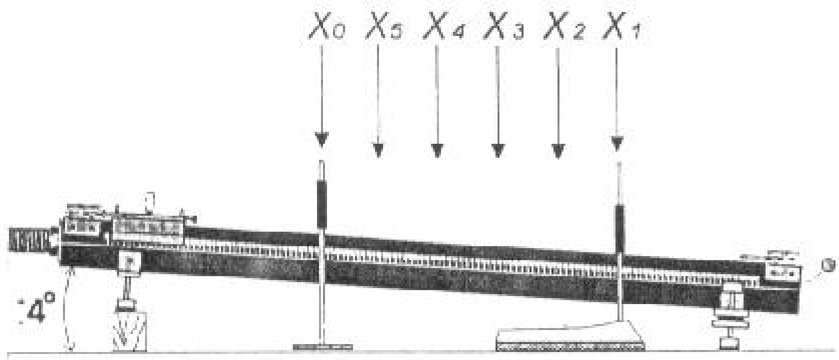


Figura 1. Interpretación geométrica de la velocidad instantánea.

PROCEDIMIENTO:

Sobre el riel sin fricción se elige una posición de referencia x_0 en la cual se va a determinar la velocidad instantánea, fijando 5 posiciones adelante de la primera, separadas 10 cm. entre sí y se inclina en el riel entre 1 y 5 grados, para que el movimiento sea uniformemente acelerado, como en la experiencia anterior.

La realización de la práctica consiste en colocar el carro en el extremo superior y soltarlo, como se muestra en la figura 2. El cronómetro se activa cuando el móvil pasa por la posición elegida x_0 hasta que llega a la posición más alejada, a una distancia Δx_1. Se repite la misma lectura diez veces para obtener un promedio del tiempo transcurrido y asegurar la reproductibilidad del movimiento.



Arreglo experimental indicando la posiciones elegidas y la posición de referencia.

Posteriormente se repite el procedimiento partiendo de la misma posición de referencia pero ahora se toma el tiempo para un desplazamiento menor al anterior, Δx_2, y así sucesivamente, de manera que para cada nuevo intervalo, $\Delta x_{n+1} < \Delta x_n$ como se muestra en la figura 2 con sus correspondientes tiempos promedios como mínimo.

ANÁLISIS DE RESULTADOS:

El utilizar la técnica de extrapolación e interpolación es común en las ciencias experimentales como una forma para determinar los valores probables de puntos que no han sido posibles de medir directamente. La extrapolación consiste en determinar puntos que están fuera del intervalo donde se realizaron las mediciones, mientras que la interpolación es sobre puntos no medidos que están dentro del intervalo determinado por el conjunto de resultados experimentales. En esta experiencia se usa la técnica de extrapolación sobre una gráfica de $\Delta x/\Delta t$ vs Δt, como la que se muestra en la figura 3 , en este caso la extrapolación consiste en determinar la ordenada al origen que representa el valor de la velocidad instantánea en el punto en consideración.

Para realizar la gráfica $\Delta x/\Delta t$ vs Δt, se han tomado al menos cinco desplazamientos $\Delta x1$, $\Delta x_2, \ldots, \Delta x_5$, y sus correspondientes tiempos de recorrido $\Delta t_1, \Delta t_2, \ldots, \Delta t_{10}$, para sacar un promedio de tiempos y calcular la velocidad media. Los datos se pueden anotar en una tabla como la que se esboza a continuación.

Desplazamiento Δx (cm)	Tiempos de Recorrido Δt (s)	Tiempo de Recorrido Promedio $\overline{\Delta t}$ (s)	Velocidad media $\bar{v}$ (cm/s)
$\Delta x_1 =$	$\Delta t_{1,i} =$	$\overline{\Delta t_1} = \frac{\sum_{1}^{10} t_{1,i}}{10} =$	$\Delta x_1 / \overline{\Delta t_1} =$

La incertidumbre de $\Delta x/\Delta t$ se calcula fácilmente con la expresión

$$\delta(\Delta x / \Delta t) = [\Delta x\, \delta(\Delta t) + \Delta t\, \delta(\Delta x)] / (\Delta t)^2$$

Siendo **δ(Δ*x*)** y **δ(Δ*t*)** las incertidumbres de los desplazamientos y de los intervalos de tiempo respectivamente.

La ordenada al origen, se determina después de haber estimado a "ojo" la mejor recta de la gráfica.

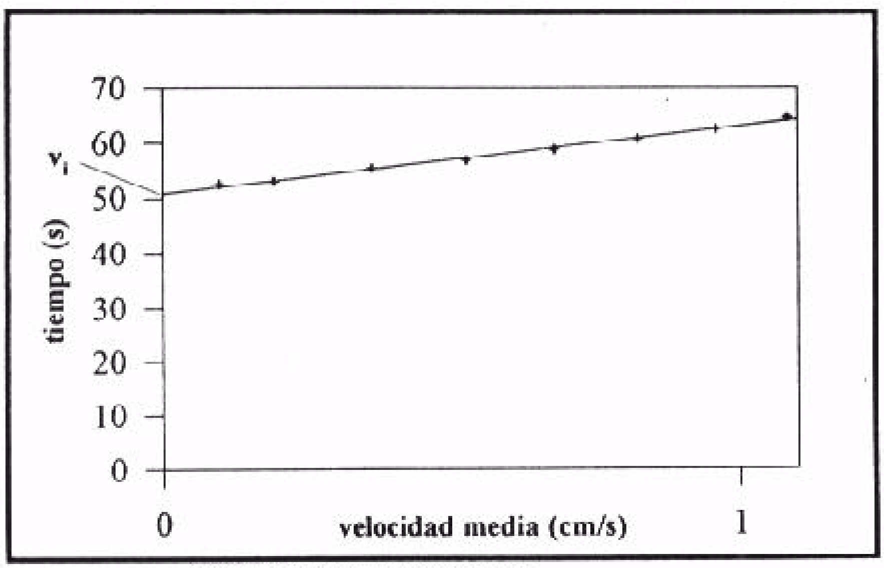


Figura.3 Velocidad Instantánea.

COMENTARIOS:

El procedimiento anterior da un resultado un poco burdo en el sentido de que la incertidumbre asociada es grande, sin embargo, esto puede mejorarse con el empleo de equipo de mayor precisión (técnicas fotográficas). Por otro lado, la experiencia es una ilustración del método de extrapolación, que en un gran número de casos da buenos resultados. Debe notarse que la incertidumbre en la ordenada al origen es consecuencia del ajuste gráfico, que si bien da una aproximación adecuada, no es la mejor caracterización para la pendiente y la ordenada debido a que la recta es ajustada observando que pase por el mayor número de puntos posibles.

SUGERENCIAS PARA DISCUSIÓN:

I. El proceso de límite y su representación geométrica.

II. El significado de velocidad instantánea.

III. Los conceptos de extrapolación en interpolación.

IV. ¿ Por qué la ordenada al origen corresponde al valor de la velocidad instantánea en la posición elegida?

MOVIMIENTO UNIFORMEMENTE ACELERADO

OBJETIVOS:

Experimental: Determinar la aceleración de un móvil que desciende por un plano inclinado, por medio de un cambio de variable, graficando distancia contra el tiempo al cuadrado.

Aprendizaje: Comprender el concepto de aceleración.
Comprender el procedimiento del cambio de variable.

MATERIAL
Riel de aire con liga
Carrito para el riel con dos defensas
Cronómetro
2 Fotoceldas
1 Bandera

INTRODUCCION TEÓRICA:

De la misma forma que en el movimiento rectilíneo y uniforme la velocidad permanece constante, en el movimiento uniformemente acelerado la aceleración es constante. Se puede definir la aceleración media como:

$$\bar{a} = \Delta v / \Delta t$$

Que en el caso del movimiento con aceleración constante, ésta coincíde con la aceleración instantánea. Dado que experimentalmente es muy problemático determinar los cambios en la velocidad, es conveniente tener una representación de la aceleración en función del tiempo, esta relación viene dada por la ecuación.

$$x = x_0 + v_0 t + ½ at^2$$

En el caso de que se parta del origen $\boldsymbol{x_0=0}$ con velocidad cero, $\boldsymbol{v_0=0}$, la expresión anterior se convierte en la ecuación.

$$x = at^2/2$$

Esta ecuación, aunque sencilla, plantea el problema de que su gráfica de distancia contra el tiempo es una parábola como la de la figura 1, la cual es más compleja de analizar gráficamente que una recta.

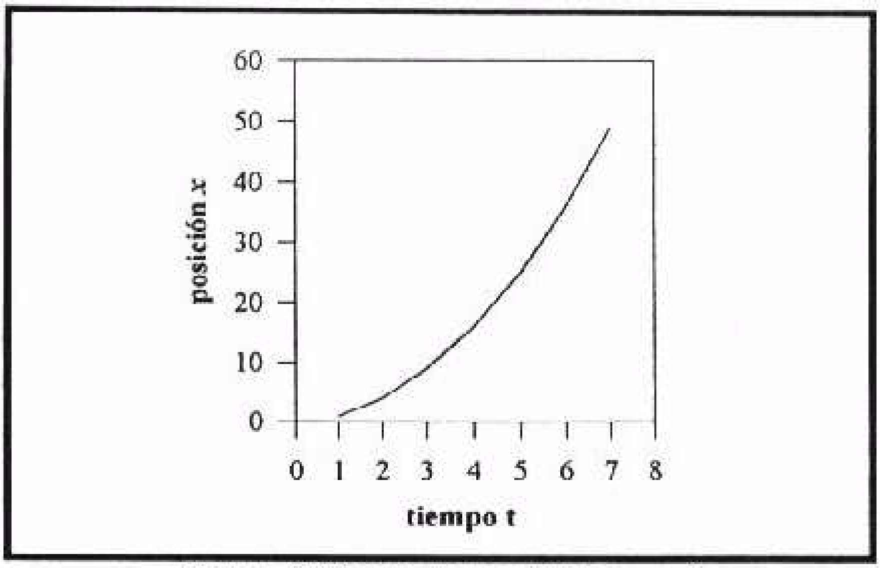


Figura 1. Gráfica x vs. t en movimiento uniformemente acelerado

Para analizarla es necesario hacer un cambio de variable, en este caso:

$$T - t^2$$

Por lo que la ecuación toma la forma:

$$x = aT / 2$$

que es la ecuación de una recta, como la de la figura 2, con variables (***x*, *T***) y cuya pendiente es:

m =a /2

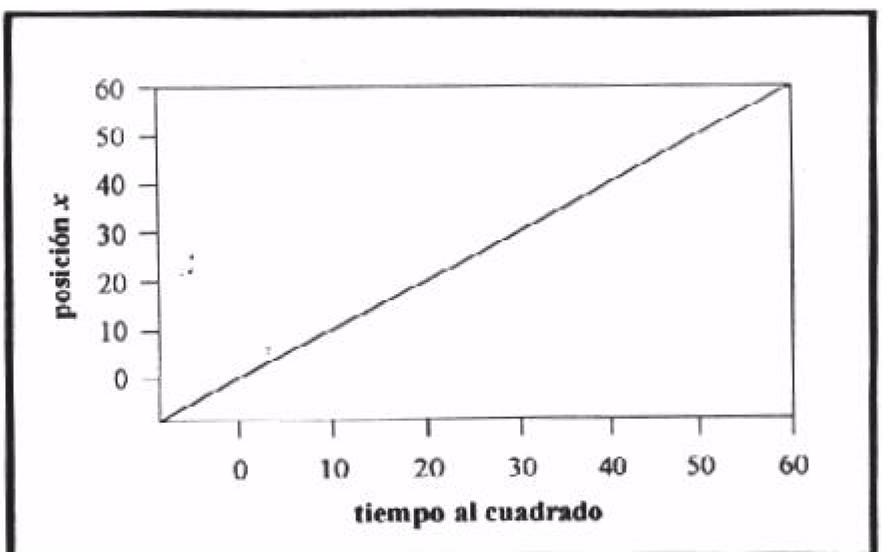


Figura 2. Gráfica de la ec. : x= 1/2 a T ;(T=t²)

Así al graficar ***x*** vs. ***T*,** se obtiene una recta que es fácil de analizar dado que solo hay que determinar la pendiente **m**.

PROCEDIMIENTO:

El primer paso, es el de inclinar el riel entre 1º y 5º para que la magnitud de la aceleración sea pequeña y se puedan medir con facilidad los intervalos de tiempo. Se eligen 10 o mas posiciones igualmente separadas entre 8 y 15 cm, se coloca una fotocelda en la primera posición inicial $\boldsymbol{x_0}$ y la otra fotocelda en la siguiente posición elegida $\boldsymbol{x_1}$, se coloca el móvil y se suelta del reposo desde la posición inicial en el extremo elevado del riel midiendo el tiempo que tarda en recorrer desde esta posición inicial a la segunda posición elegida, como se muestra en la figura 3, repitiendo la operación diez veces para obtener un promedio. Después se repite el procedimiento entre la posición inicial y la tercera posición elegida $\boldsymbol{x_2}$ y así sucesivamente para todas las posiciones predeterminadas ($\boldsymbol{x_3,...,x_{10}}$).

Una vez colectados los resultados, se hacen dos gráficas, la primera es de la posición contra el promedio del tiempo y la segunda de la posición contra el promedio del tiempo al cuadrado. Se traza en la primera gráfica una curva y en la última la mejor recta posible.

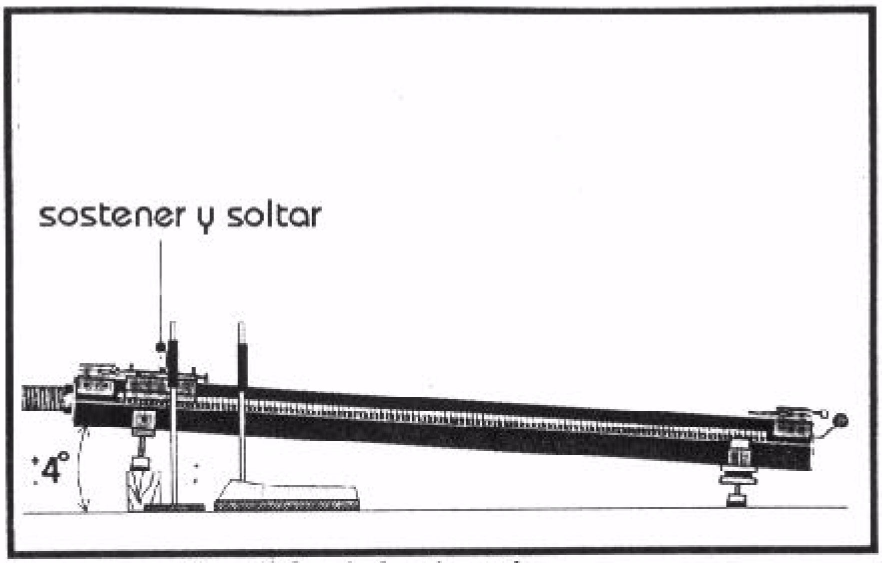


Figura 3. Arreglo Experimental.

ANÁLISIS DE RESULTADOS:

Los resultados son un conjunto de desplazamientos desde la posición inicial $\boldsymbol{x_0}$ a las diversas $\boldsymbol{x_1, x_2, ...}$, y de sus correspondientes intervalos de tiempo $\boldsymbol{\Delta t_{1,j}}$, $\boldsymbol{\Delta t_{2,j}, ...}$, así como los tiempos promedios y sus cuadrados $\boldsymbol{T_1 = \Delta t_1^{-2}}$, $\boldsymbol{T_2 = \Delta t_2^{-2}, ...}$ estos datos se pueden anotar en una tabla como la que se esboza a continuación.

Desplazamiento Δx (cm)	Tiempo de recorrido Δt (s)	Promedio de tiempo de Recorrido $\Delta \bar{t}$ (s)	Cuadrado de tiempo promedio $(\Delta \bar{t})^2$ (s^2)
$\Delta x_1 =$	$\Delta t_{1,1} =$ . . . $\Delta t_{1,10} =$	$\Delta \bar{t}_1 = \frac{\sum_{1}^{10} \Delta t_{1,i}}{10} =$	$T_1 = (\Delta \bar{t}_1)^2 =$
. . .	. . .	. . .	. . .

Con las parejas de datos de la primera columna y segunda columnas, se hace la gráfica, que se muestra en la figura 4.

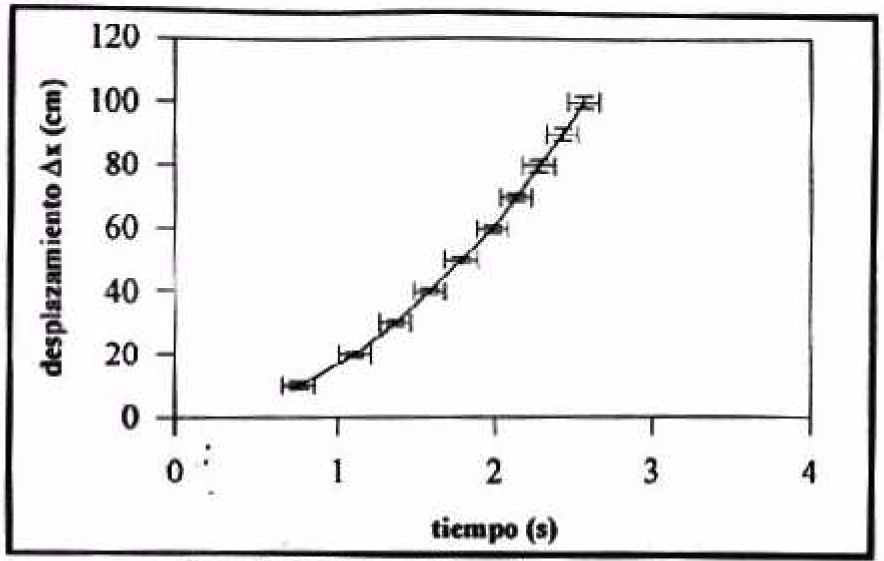


Figura 4. Gráfica posición vs. tiempo.

Con las parejas de datos de la primera y cuarta columnas, se hace la gráfica, que se muestra en la figura 5.

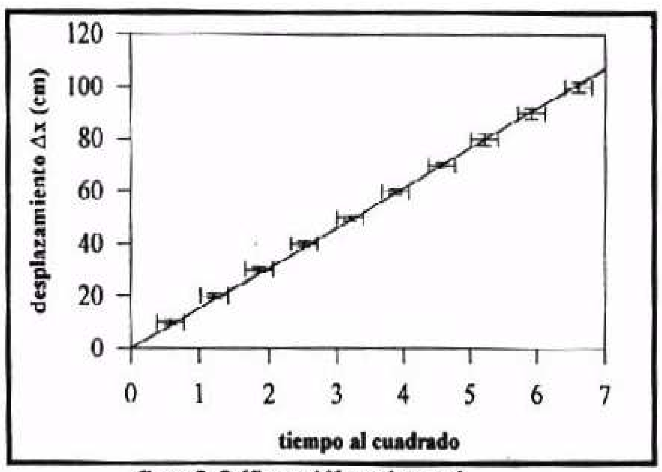


Figura 5. Gráfica posición vs. tiempo al cuadrado.

La gráfica de la figura 4 es una curva parabólica, pero con el cambio de variable se obtiene la gráfica (***x*** vs ***T***) de la figura 5, que fácilmente se puede ajustar a una recta por el método a "ojo", descrito en la experiencia anterior, donde su pendiente esta relacionada con la aceleración del móvil.

Finalmente, la aceleración podrá ser obtenida como ***a* = 2m** y la incertidumbre de la aceleración será el doble de la diferencia mayor entre la pendiente **m** y las pendientes de la recta mas inclinada de la pendiente de la recta menos inclinada de la gráfica (***x*** vs ***T***).

$$\delta a = \textit{máx}\ \{\ |m_{máx} - m|\ ,\ |m - m_{mín}|\ \}$$

COMENTARIOS:

Dado que la segunda gráfica (***x*** vs ***T***), se puede ajustar a una recta cuya pendiente es la mitad de la aceleración, se puede asegurar que la aceleración es constante en el movimiento del carrito que se desliza sobre el riel de aire inclinado. El experimento puede realizarse con buena precisión, teniendo solamente el suficiente cuidado en la medición: La posición y el tiempo. Hay que remarcar la necesidad de que al iniciar el movimiento el carrito parta del reposo en la posición $\boldsymbol{x_0}$ donde su ubica la primera fotocelda del cronómetro o lo mas próximo a ella. De lo contrario se obtendrá una gráfica que no pasa por el origen.

SUGERENCIAS PARA DISCUSIÓN:

I. El cambio de variable $\boldsymbol{t^2 = T}$, ¿Porqué se transforma la gráfica parabólica en una recta?.

II. El concepto de aceleración.

III. La forma de determinar la incertidumbre de la aceleración.

IV. La relación que guarda la aceleración del móvil con la inclinación del riel ($\boldsymbol{a = g \,\mathrm{sen}\theta}$).

TIRO PARABÓLICO

OBJETIVO:

Investigar cómo varía el alcance de un proyectil al cambiar su ángulo de elevación, para una velocidad inicial de lanzamiento arbitraria y fija.

MATERIAL
Unidad de disparo FICER, Modelo STPUD-02.
Control de disparo FICER, Modelo TPCD-02
Interruptor de tiempo de vuelo, Modelo STPIV.02
Proyectil, Modelo STPPI-02
Guía rectilínea del Interruptor del tiempo de vuelo, Modelo STPGR-02
Interruptor optoelectrónico, Modelo STPIO-02
Papel pasante (No incluido en el STP-02)

ANALISIS TEÓRICO

Movimiento en Dos Dimensiones. Cuando un objeto se desplaza en un plano, se necesitan dos coordenadas para definir su posición y su movimiento. Al movimiento en un plano se le llama Movimiento en Dos Dimensiones.

Un ejemplo de un movimiento en dos dimensiones es el de un proyectil; un proyectil es un objeto lanzado al espacio sin fuerza de propulsión propia; una pelota de béisbol o una bala son ejemplos de proyectiles.

Al movimiento de un proyectil que es lanzado con cierto ángulo de elevación y sobre el cual actúa solamente la fuerza de la gravedad, se le llama Tiro Parabólico, ya que la trayectoria que sigue el proyectil es una parábola.

Tiro Parabólico. El movimiento de un proyectil corresponde al de un cuerpo con aceleración constante **g** dirigida hacia el centro de la tierra; en donde **g** es la aceleración debida al campo gravitacional terrestre.

Como el tiro parabólico es un caso de movimiento en dos dimensiones, se puede analizar por separado en dos coordenadas rectangulares. En la coordenada vertical, el movimiento es uniformemente acelerado, con aceleración constante **g** y en la horizontal, el proyectil se mueve con velocidad constante, ya que no existe fuerza horizontal sobre el proyectil, si se desprecia la fricción del aire.

Ecuaciones del Tiro Parabólico. En la figura 1, se muestra un proyectil que es lanzado con un ángulo de elevación θ; también se indica un sistema de coordenadas ***xy*** en el que su origen se encuentra en el sitio de lanzamiento.

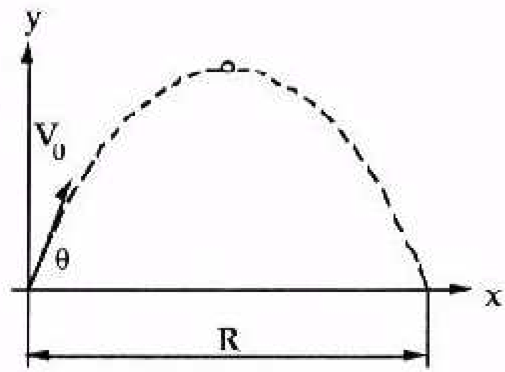


Figura 1.- Tiro Parabólico.

En el instante t=0, el proyectil empieza su movimiento con una velocidad inicial $\vec{V}_0$. Las componentes en x e y de esta velocidad son:

$$V_{0x} = V_0 \cos\theta \qquad (1)$$

$$V_{0y} = V_0 \,\text{sen}\,\theta \qquad (2)$$

En las cuales V_0 es la magnitud del vector de velocidad inicial $\vec{V}_0$.

Considerando la dirección positiva del eje y hacia arriba, entonces como la aceleración de la gravedad **g** está dirigida hacia abajo, la aceleración vertical la debemos considerar como **–g**, con g igual a la magnitud de **g**.

Para cualquier tiempo **t**, las componentes $\mathbf{V_x}$ y $\mathbf{V_y}$ de la velocidad del proyectil están dadas por las siguientes ecuaciones:

$$V_x = V_0 \cos\theta$$

$$V_y = V_0 \,\text{sen}\theta - gt$$

Debido a que no hay aceleración en la dirección **x,** $\mathbf{V_x}$ es constante, por lo que en cualquier tiempo **t** las coordenadas **x** y **y** están dadas por:

$$x = V_0 \cos\theta\, t$$

$$y = V_0 \text{sen}\theta\, t - \frac{1}{2} gt^2$$

Para determinar el alcance **R** del proyectil, primero se iguala a cero al expresión **(6)** (cuando el proyectil alcanza el suelo, **y = 0**) y se despeja el tiempo **t**:

$$t = \frac{2\,V_0 \operatorname{sen}\theta}{g}$$

Para obtener la ecuación del alcance **R** del proyectil, se sustituye el tiempo **t** en **(5)**:

$$R = \frac{V_0^{\,2} \operatorname{sen} 2\theta}{g}$$

La ecuación 8 muestra cómo varía el alcance de un proyectil, éste aumentará de acuerdo con el cuadrado de la magnitud de la velocidad inicial, si el ángulo θ es constante. Si en cambio se mantiene fija $\mathbf{V_0}$, el alcance **R** también aumentará conforme aumente el valor de **sen 2θ,** por lo que alcanzará su máximo valor cuando $\boldsymbol{\theta = 45^\circ}$.

DISEÑO DEL EXPERIMENTO:

Para investigar cómo varía el alcance de un proyectil al cambiar su ángulo de elevación, se debe plantear el experimento considerando los siguientes puntos:

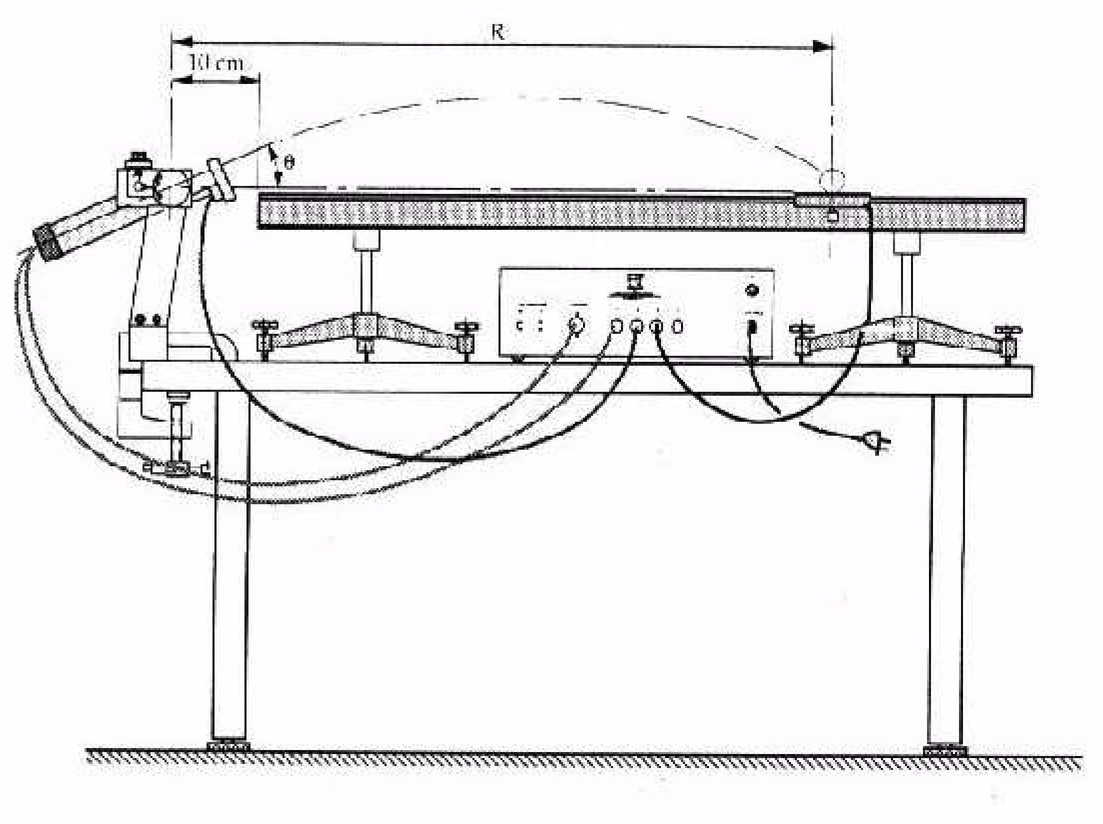
a) Efectuar varios lanzamientos utilizando en cada uno de ellos el mismo proyectil, **la misma velocidad inicial** y diferentes ángulos de disparo.
b) Para cada uno de los lanzamientos del inciso **a** se medirá su alcance y se registrará su ángulo de disparo.
c) Para reducir los errores, se recomienda efectuar varias veces el lanzamiento bajo las mismas condiciones (velocidad y ángulo fijos) y obtener el valor promedio del alcance, el cual se utilizará como dato.

Con los datos de ángulo de disparo y alcance (promedio), se hace una gráfica de ángulo de disparo contra alcance. De esta manera, se obtiene una curva para la velocidad empleada.

PROCEDIMIENTO:

Para realizar este experimento haga los siguientes pasos:

1. Instale el equipo como se muestra en la figura 2 y nivele el Sistema de Tiro Parabólico como se indica en el Instructivo para Uso y Manejo del Sistema de Tiro Parabólico.

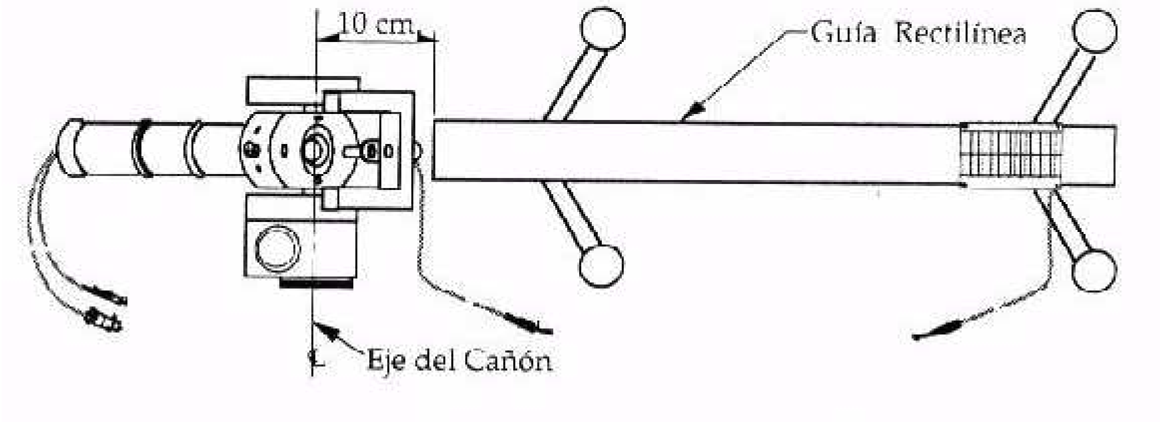


Instalación del Equipo.

2. Verifique que esté instalado el Interruptor de Tiempo de Vuelo en la Guía Rectilínea y que esté bien conectado al Control de Disparo.
3. Asegúrese de que:

   a) El conector múltiple roscado del cable que sale de la parte posterior del Cañón se encuentre bien insertado y su tuerca apretada al receptáculo CAÑON del Control de Disparo.
   b) El conector tipo estéreo del cable que sale de la parte posterior del cañón se encuentre conectado al receptáculo **1** de ENTRADAS del Control de Disparo.

4. Cerciórese de que esté instalado el Interruptor Optoelectrónico en el Cañón y que esté bien conectado a alguno de los receptáculos 2, 3 ó 4 de ENTRADAS en el Control de Disparo.
5. Se sugiere que coloque la Guía Rectilínea a 10 cm del eje del Cañón y que la oriente en la misma dirección del Cañón. Ver figura 3.



Colocación de la Guía Rectilínea.

6. Fije un ángulo de 20º en el mecanismo de elevación de la Unidad de Disparo.
7. Ajuste la velocidad en el Control de Disparo, poniendo el dial digital de VELOCIDAD DE DISPARO en un valor arbitrario e impida el movimiento de éste mediante el seguro ubicado en la parte inferior del mismo.
8. Encienda el Control de Disparo. Aparecerá la leyenda "SISTEMA FICER DE TIRO PARABÖLICO" seguida por "PREPARANDO TIRO 10, 9, 8, ...". Introduzca el proyectil a la boca del Cañón antes de que aparezca el mensaje "LISTO", de no ser así deberá oprimir previo al lanzamiento el botón PREPARAR.
9. Oprima el botón DISPARADOR del Control de Disparo y observe en la Guía Rectilínea el punto donde se impacte el proyectil; desplace el Interruptor de Tiempo de Vuelo sobre la Guía Rectilínea hasta este punto. Coloque un pedazo de papel pasante sobre el interruptor y efectúe un nuevo disparo; el impacto del proyectil deberá dejar una marca sobre la cubierta del interruptor.
10. Para medir el alcance **R** del proyectil, primero mida la distancia desde el comienzo de la Guía Rectilínea hasta el primer borde del interruptor. Enseguida, lea la distancia en la escala del interruptor. El alcance del proyectil es la suma de estas dos distancias y los 10 cm que hay del eje del Cañón al borde de la Guía Rectilínea. Por ejemplo, si la distancia del comienzo de la guía al primer borde del interruptor es de 38 cm y la marca sobre la escala es de 6.4 cm, entonces el alcance **R** será de 38 + 6.4 + 10 = 54.4 cm. Además , registre el tiempo $\mathbf{T_0}$ medido por el Control de Disparo, correspondiente al Interruptor Optoelectrónico, así como el tiempo total de vuelo **T** correspondiente al Interruptor de Tiempo de vuelo.
11. Sin cambiar las condiciones de los pasos 6 y 7, efectúe cinco lanzamientos, para cada uno de ellos realice las mediciones indicadas en el paso anterior y con éstas obtenga el valor promedio de **R,** $\mathbf{T_0}$**,** y **T** los cuales deberá tomar como datos experimentales. Con el tiempo, $\mathbf{T_0}$ (promedio), determine la velocidad inicial $\mathbf{V_0}$ de disparo utilizando la siguiente expresión, con el valor $\mathbf{S_0}$ que se indique en el Interruptor Optoelectrónico:

$$V_0 = \frac{S_0}{T_0}$$

Con el tiempo **T**, calcule ahora el alcance **R'** empleando la ecuación **5**, con **x = R'**:

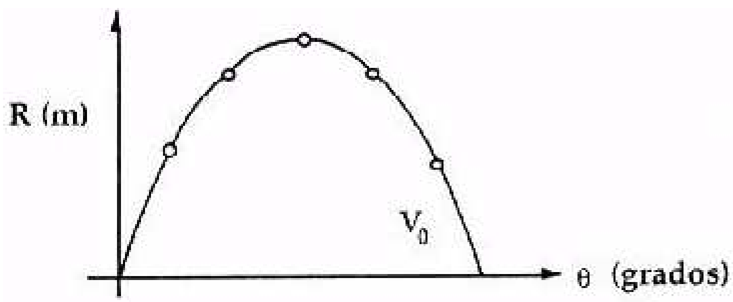
$$R' = V_0 \cos\theta\, T$$

12. Repita el paso anterior utilizando diferentes ángulos (20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 55, 60, 65 y 70 grados). Con los datos de los alcances **R** medido, **R'** calculado y el ángulo de elevación θ, construya la siguiente tabla de datos:

θ (grados)	R (m)	R′ (m)
20		
25		
30		
35		
40		
45		
50		
55		
60		
65		
70		

Tabla 1.

13. Grafique los datos **θ** y **R** de la Tabla 1 que corresponden a la velocidad fija, como se indica en la figura 5



Gráfica de Alcance R contra Angulo θ.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES:

La finalidad del experimento es investigar cómo varía el alcance de un proyectil al cambiar su ángulo de elevación. Se recomienda que analice la gráfica obtenida en el experimento y discuta con sus compañeros toda la información que se puede derivar de ella para obtener conclusiones de la investigación.

Utilizando la Tabla de Datos, compare la columna **R** con la **R’** y discuta sobre la controversia que exista entre ellas, identifique las fuentes de error que conducen a tales diferencias; si éstas son muy grandes, repita el experimento minimizando hasta donde sea posible las fuentes de error y compare los nuevos resultados con los del experimento anterior.

PÉNDULO SIMPLE

OBJETIVO:

El alumno determinará las características fundamentales en el movimiento de un péndulo simple.

MATERIAL
3 Pesas de 10 gramos
3 pesas de 30 gramos
3 pesas de 50 gramos
1 Cronómetro
2 Nueces con abrazaderas
5 Metros de hilo resistente
2 Soportes con varilla grande
1 Varilla con tres agujeros equidistantes
1 Transportador desmontable grande

GENERALIDADES:

Un péndulo es la forma más común de un movimiento armónico simple. Como un ejemplo de este movimiento podemos citar la lenteja de un reloj de pared.

LEYES DEL PÉNDULO:

1º. Ley del péndulo o del isocronismo
2º. Las oscilaciones son independientes del material de que está hecho el péndulo.
3º. El período de un péndulo simple es directamente proporcional a la raíz cuadrada de su longitud.

FÓRMULA

$$\frac{T_1}{\sqrt{\ell_1}} = \frac{T_2}{\sqrt{\ell_2}} \qquad \frac{T_1}{T_2} = \frac{\sqrt{\ell_1}}{\sqrt{\ell_2}}$$

4º. El período de un péndulo simple es inversamente proporcional a la raíz cuadrada de la aceleración de la gravedad.

FÓRMULA

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

Y su frecuencia esta dada por la ecuación:

FÓRMULA

$$F = \left[2\pi\sqrt{\frac{\ell}{g}}\right]^{-1}$$

T = Tiempo que tarda en efectuar una oscilación completa (período).
t = Tiempo.

ℓ = Longitud del hilo.
g = Aceleración de la gravedad.
F = La frecuencia de la oscilación.

El período y la frecuencia de un péndulo simple sólo depende de la longitud del mismo, sin importar la masa de la lenteja.

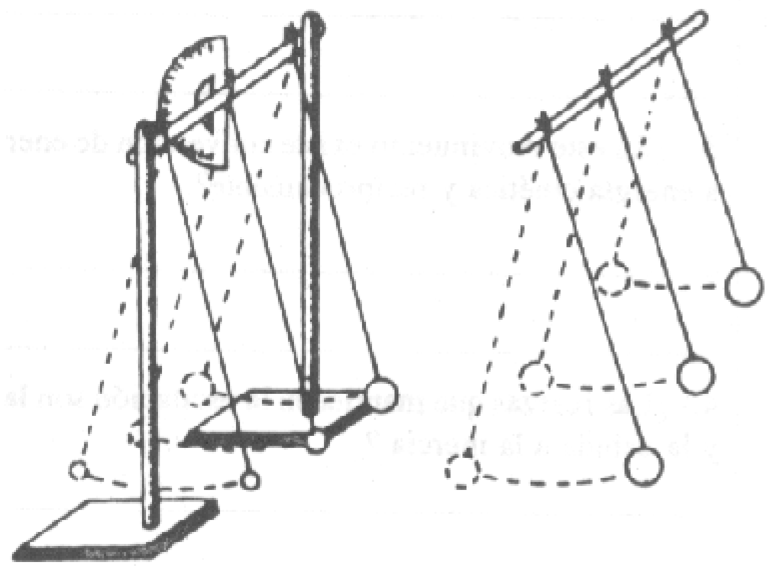


Fig. 4

PROCEDIMIENTO:

1. Corte tres hilos de diferente longitud: 20 cm, 40 cm. y 60 cm., por ejemplo. Introduzca los hilos en cada uno de los agujeros de la varilla de tal forma que uno de los extremos quede libre, ponga a oscilar uno de los péndulos teniendo cuidado de medir el ángulo que forma el hilo con la vertical (para ello utilice el transportador). A continuación usando el cronómetro, tome el tiempo que tarda el péndulo en realizar 10 oscilaciones completas (en ir y regresar a su posición inicial).
2. Efectúe el mismo procedimiento para otros pesos iguales manteniendo las longitudes de los hilos iguales en cada caso, tenga cuidado en que el ángulo siempre sea el mismo para cada caso. Si lo desea, puede realizar el mismo procedimiento para otras longitudes.

CUESTIONARIO:

1. ¿Los movimientos que se efectúan en el péndulo son de carácter armónico simple? (son isócronos) ¿A qué Ley corresponde?.

___

___

2. El período de oscilación no depende de la masa del péndulo sino solamente de su longitud ¿A qué Ley corresponde?.

___

___

3. ¿En este movimiento existe conversión de energía potencial a energía cinética y recíprocamente?.

4. ¿Las fuerzas que mantienen la oscilación son la de gravedad y la debida a la inercia?

TABLA

L	**NUMERO DE OSC.**	**Tiempo que tarda en dar 10 osc.**	F	T
20 cm	**10**			
40 cm	**10**			
60 cm	**10**			

PENDULO SIMPLE

OBJETIVO:

Comprobar la relación que hay entre la longitud de un péndulo simple y su período de oscilación.

MATERIAL
Marco básico FICER, Modelo SOSMB-01
Contador de oscilaciones FICER, Modelo CDO-01
Sensor Optoelectrónico de oscilaciones FICER, Modelo SOSSO-01
Electromagneto de sujeción, Modelo ESSFL-03
Porta electromagneto, Modelo SOSPE-01
Nuez giratoria, Modelo SOSNG-01
Esfera metálica con sistema de sujeción, Modelo SOSEM-01
Cuerda Inextensible
Cinta métrica (no incluida en el SOSM-01)

ANÁLISIS TEÓRICO

PÉNDULO SIMPLE

Un péndulo simple es un sistema formado por un cuerpo puntual sujetado al extremo de una cuerda, de masa despreciable, suspendida de un punto fijo y que oscila en un plano vertical. En la figura 1 se muestra un péndulo simple, cuya cuerda tiene una longitud **L** constante y forma un ángulo θ con la vertical (la posición de equilibrio del péndulo); la masa del cuerpo es ***m***.

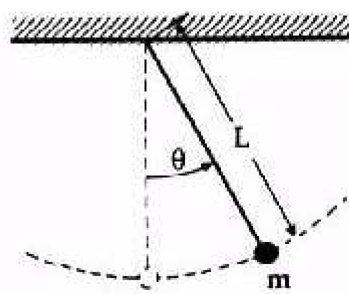


Figura 1.- Péndulo Simple.

MOVIMIENTO DEL PÉNDULO SIMPLE

Para hacer el análisis del movimiento del Péndulo Simple, se considerará que la masa del cuerpo oscilante se encuentra concentrada en un punto, la masa de la cuerda es despreciable, la longitud de ésta es constante y la fuerza de fricción que actúa sobre el sistema se desprecia.

En la figura 2 se muestra el diagrama de fuerzas, que actúan sobre el cuerpo oscilante. El peso ***mg*** está descompuesto en sus componentes radial y tangencial, de acuerdo con el ángulo θ.

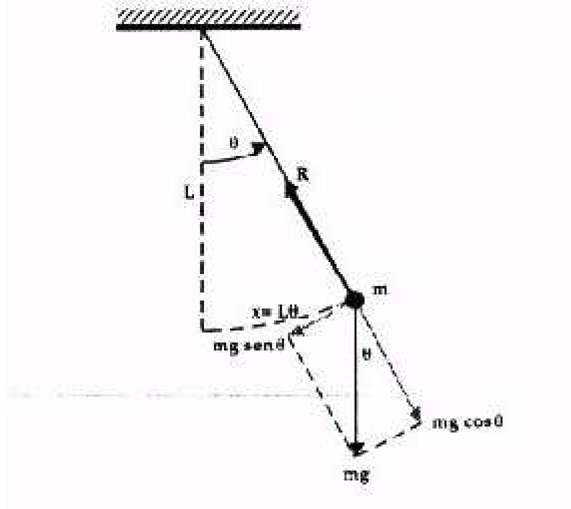


Figura 2.- Diagrama de Fuerzas.

La componente radial ***mg cos*** θ del peso es equilibrada por la tensión ***R*** de la cuerda, por lo que no interviene en el movimiento.

La componente tangencial ***F= - mg sen***θ del peso es la que obliga al péndulo a regresar a su posición de equilibrio; el signo negativo indica que esta fuerza está dirigida en sentido contrario al desplazamiento del cuerpo. Si el ángulo θ es pequeño y se expresa en radianes, se puede hacer la aproximación ***sen*** $\theta=\theta$, lo que implica que la fuerza ***F***, llamada **fuerza de restitución**, se pueda expresar como:

$$F = -mg\,\theta$$

Recordando el movimiento circular, la longitud ***x*** del arco que recorre el cuerpo está dada por la siguiente ecuación:

$$x = L\theta$$

Nuevamente el ángulo θ está expresado en radianes. Al despejar θ de esta expresión, $\theta = x/L$, y sustituir en (1), se tiene que:

$$F = -\left(\frac{mg}{L}\right)x$$

En esta ecuación observamos que la fuerza ***F*** no es constante y además es proporcional a ***x***, por lo que el movimiento del Péndulo Simple, bajo las consideraciones hechas, se puede ver como un movimiento armónico simple (MAS). En general, en un MAS la fuerza de restitución es:

$$F = -kx$$

Y de la segunda Ley de Newton tenemos que la aceleración es igual a:

$$a = -\frac{k}{m}x$$

Y el período de la oscilación es:

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$$

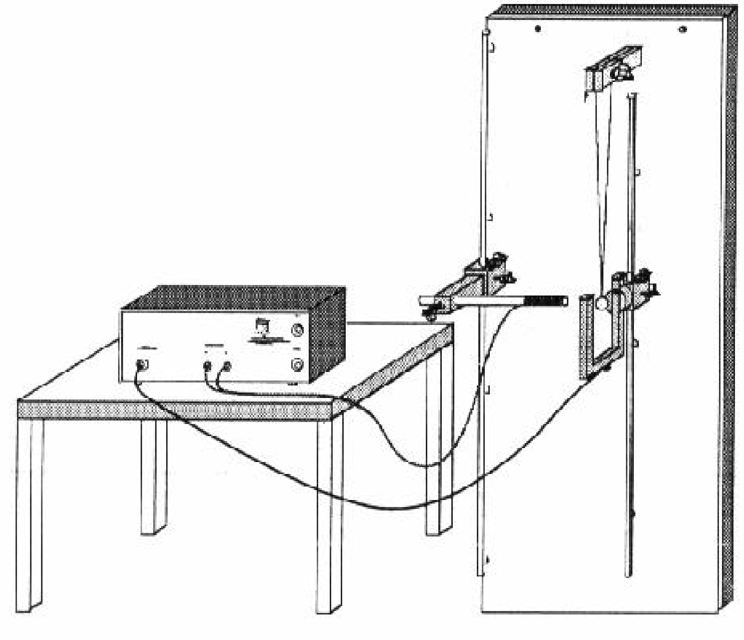
Al comparar (3) y (4), se tiene que para el movimiento del Péndulo Simple

$$k = \frac{mg}{L}$$

Por lo cual sustituyendo esta relación en (5), el período del Péndulo Simple es:

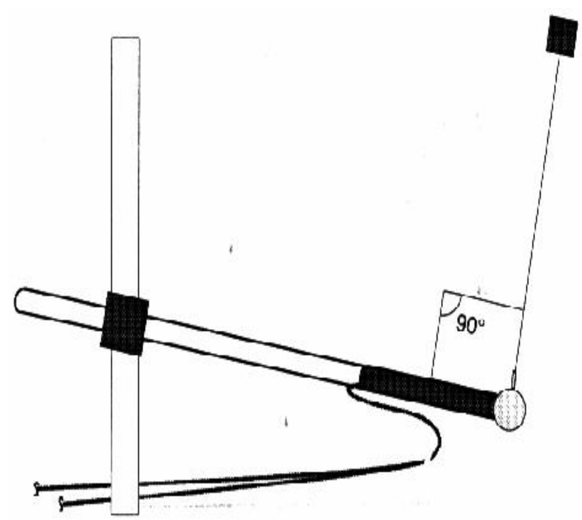
$$T = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}$$

Esta relación indica que el período del Péndulo Simple sólo depende de su longitud ***L*** y del valor de la aceleración de la gravedad ***g***, siempre que se cumpla la aproximación ***sen**θ**=**θ*.DISEÑO DEL EXPERIMENTO:Para comprobar la relación que existe entre la longitud de un Péndulo Simple y su período de oscilación, se deben seguir los siguientes pasos:Se debe escoger un péndulo cuya masa oscilante sea mucho mayor que la masa de la cuerda, de tal forma que esta última sea despreciable.El cuerpo se separa de su posición de equilibrio y se suelta para que comience el movimiento oscilatorio. El ángulo que formen la cuerda y la vertical debe ser igual o menor que 10º para que se cumpla la aproximación ***sen** θ**=**θ*.Se mide el tiempo de veinte oscilaciones y se obtiene el periodo, el cual será utilizado como dato experimental. Se registran el período y la longitud del péndulo.Se repiten los pasos anteriores del experimento para diferentes longitudes del péndulo. Los períodos y longitudes del péndulo se registran en una Tabla de Datos.Con los resultados de la Tabla de Datos se hacen dos gráficas; una del período contra la longitud del péndulo y la otra del cuadrado del período contra la longitud del péndulo.Se obtiene una relación experimental a partir de las gráficas o bien, se puede realizar una regresión potencial a partir de los datos registrados.PROCEDIMIENTO:Instale el equipo como se muestra en la figura 3 y conecte los dispositivos en los respectivos receptáculos del Contador de Oscilaciones. Asegúrese que el Marco Básico se encuentre en posición vertical. Fije una longitud del péndulo de aproximadamente 0.9 m.



Instalación del Equipo.

1. Encienda el Contador de Oscilaciones y coloque el interruptor **MODO** en la posición 0. Saque ligeramente el sistema de su posición de equilibrio y déjelo oscilar.
2. Con el péndulo oscilando, mueva el Sensor Optoelectrónico de Oscilaciones hasta que la esfera metálica interrumpa el haz infrarrojo del mismo. Esto se puede comprobar revisando que las lecturas en el Exhibidor del Contador de Oscilaciones estén cambiando; el Indicador ICA estará en estado intermitente.
3. Mueva el péndulo fuera de la vertical (posición de equilibrio) hasta que la cuerda forme con ella un ángulo menor o igual que 10º y sosténgalo en esta posición utilizando el Electromagneto de Sujeción, tal y como se muestra en la figura 4.



Instalación del Electromagneto.

4. Una vez colocado el Electromagneto de Sujeción, oprima sin soltar el interruptor INICIAR del Contador de Oscilaciones. Esta acción mantendrá retenida la esfera metálica.

5. Deje de oprimir el interruptor INICIAR para que la esfera quede libre y el péndulo comience a oscilar. El Contador de Oscilaciones comenzara a registrar las oscilaciones. Inmediatamente después del ciclo 20, cambie el interruptor MODO a la posición 1 para poder anotar el número de ciclos (20), el tiempo acumulado y el período del último ciclo.
6. Calcule el período, dividiendo el tiempo acumulado entre el número total de ciclos (20). Si existe diferencia entre el período calculado y el período del último ciclo, del orden de centésimas de segundo, repita el paso anterior asegurando que no haya perturbaciones en el sistema, como pueden ser las corrientes de aire y las vibraciones en el Marco Básico.
7. Registre el período calculado ***T***. Mida la longitud del péndulo, de acuerdo con el diagrama de la figura 5 y regístrela.

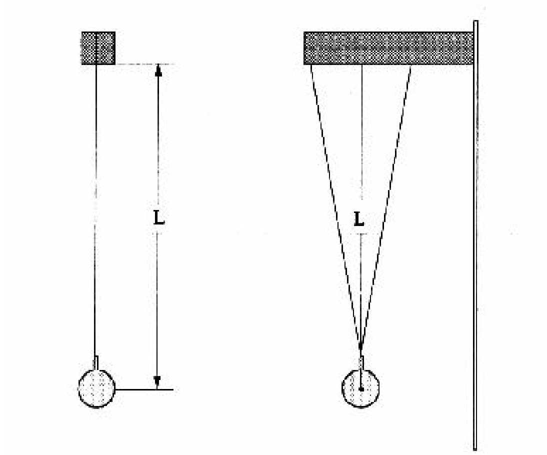


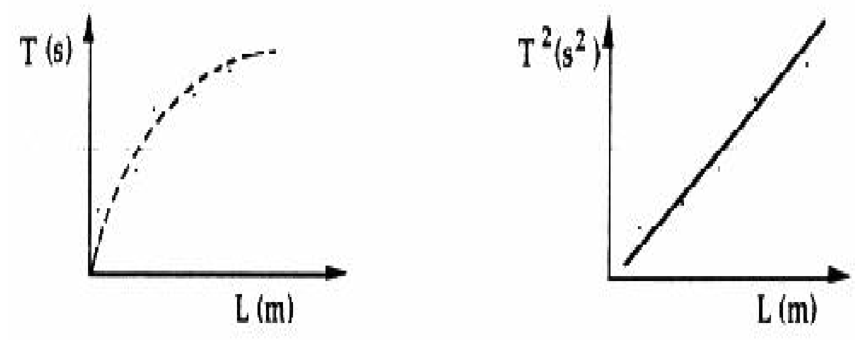
Figura 5.- Medición de la Longitud del Péndulo.

8. Repita los pasos anteriores para longitudes del péndulo de aproximadamente 0.8, 0.7, 0.6, 0.5 y 0.4 m. Registre en cada caso el período y la longitud del péndulo; llene una tabla de Datos como la que se muestra en la figura 6.

L (m)	T (s)	T^2 (s^2)

Tabla de Datos.

9. Haga una gráfica del período ***T*** contra la longitud ***L*** del péndulo y otra del cuadrado del período ***T^2*** contra ***L***. Ver la figura 7.



Gráficas.

10. En la gráfica de T^2 contra L , trace la recta que más se acerque a los puntos. Obtenga su ecuación en la forma:

$$T^2 = ML$$

En la cual M es la pendiente de la recta. La expresión (7) es la relación experimental buscada. Otra forma de la ecuación 7 es la que se obtiene al sacar la raíz cuadrada en cada lado:

$$T = \sqrt{ML}$$

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES:

¿A qué tipo de curvas corresponden las gráficas obtenidas? Compare las ecuaciones 6 y 8; comente acerca de las diferencias.

Explique cómo afecta la longitud del péndulo al período de oscilación.

¿En qué forma afecta la gravedad al período?

¿Por qué se necesita la restricción de que el ángulo θ sea menor o igual que 10º?

Para una longitud dada del péndulo, ¿serán iguales los períodos en la Ciudad de Monterrey y en la Ciudad de México? Justifique su respuesta.

FUERZA: UNA APLICACIÓN DE LA SEGUNDA LEY DE NEWTON

OBJETIVOS:

Experimental: Calcular la magnitud de una fuerza que actúa sobre un móvil en el riel a partir de la medición de su aceleración y de su masa.

Aprendizaje: Comprender la relación entre fuerza, masa y aceleración que se expresa en la segunda ley de Newton.

Aplicar el método de mínimos cuadrados para el ajuste de una recta.

MATERIAL
Riel de aire con liga
Carro para el Riel con dos amortiguadores
Cámara fotográfica
Lámpara Estroboscópica
Pesas
Cinta magnética

INTRODUCCIÓN TEÓRICA:

Se observa que si se jala un objeto, éste se acelera. Si se jalan con la misma fuerza otros objetos de masas diferentes, entonces los objetos se aceleran de manera diferente. Pero estas aceleraciones están en relación de proporcionalidad inversa con las masas, es decir, para tres cuerpos de masa, m_1, m_2, y m_3, cuyas aceleraciones son a_1, a_2, y a_3 respectivamente se tiene:

$$\frac{m_1}{m_2} = \frac{a_2}{a_1} \; ; \; \frac{m_1}{m_3} = \frac{a_3}{a_1}$$

Dado que en los tres casos los objetos fueron acelerados con la misma fuerza, se tiene:

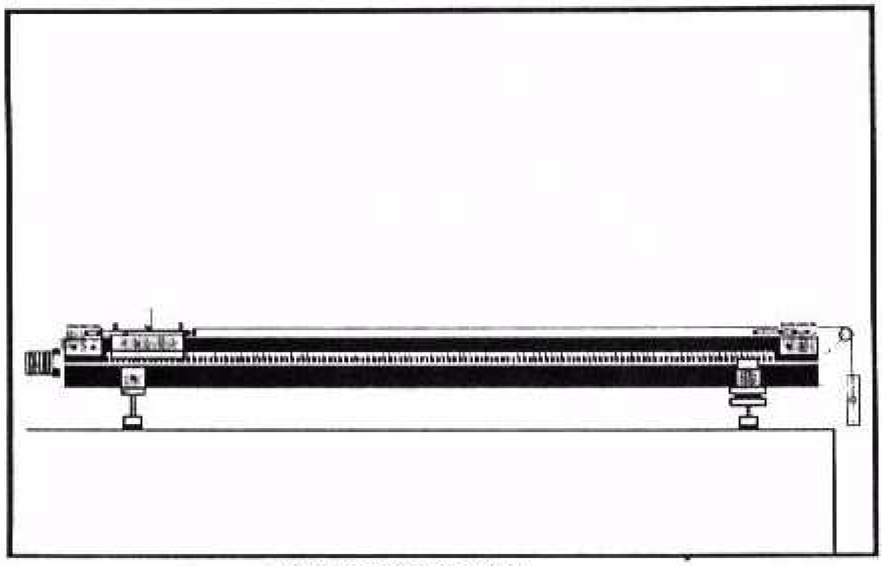
$$m_1 \; a_1 = m_2 \; a_2$$

$$m_1 \; a_1 = m_3 \; a_3$$

Lo que esta de acuerdo con la experiencia. La relación:

$$F = m\,a \qquad \text{con} \quad m = \text{cte.}$$

Es la forma matemática con que se expresa la segunda Ley de Newton.



Arreglo Experimental.

El arreglo experimental de esta experiencia se ve en la figura 1, mostrando un sistema mas complejo formando por un cuerpo de masa ***M*** que cuelga de una cinta de masa despreciable y atada al carrito de masa m_c que esta sobre el riel. La fuerza efectiva que actúa en el sistema es el peso del cuerpo que cuelga: ***F=Mg***.

Siendo, la ecuación de movimiento del sistema:

$$F - (M + m_c)\, a$$

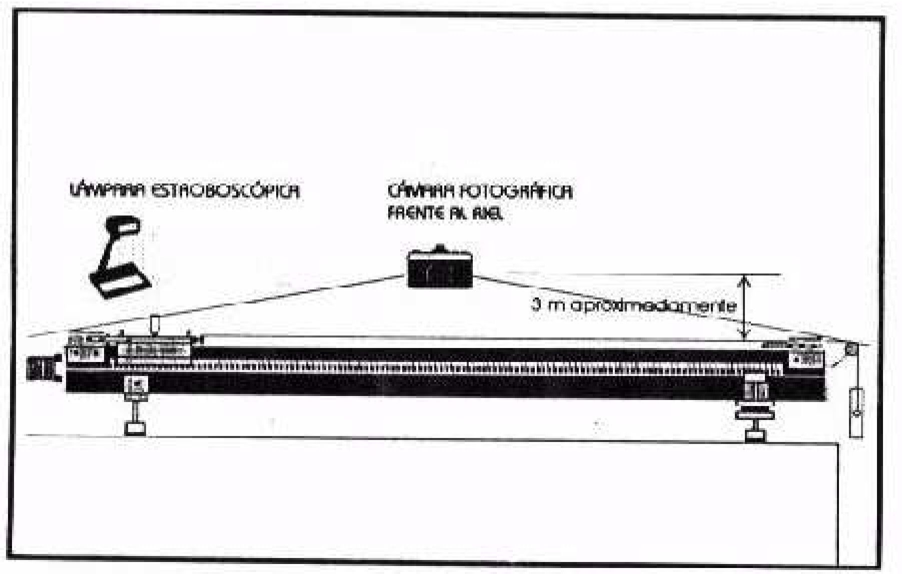
Donde ***a*** es la aceleración del carrito y del peso que cuelga.

Si se considera la fuerza de fricción F_f, la cual puede existir en el roce entre la cinta y la polea principalmente o entre el aire y el móvil al deslizarse sobre el riel, entonces esta fuerza debe estar en el miembro izquierdo de la ecuación anterior, y se puede calcular de la siguiente forma:

$$F_f = Mg - (M + m_c)\, a$$

PROCEDIMIENTO:

Al riel nivelado en posición horizontal se le coloca el carrito en el extremo donde se conecta la manguera sosteniéndolo con la mano, al acrrito se le adhiere una cinta magnética del que pende una barra de masa ***M*** y pasa por la polea de aire que está en el otro extremo del riel, como se muestra en la figura 1.
A dos o tres metros del riel se coloca la cámara fotográfica y la lámpara estroboscópica, como se muestra en la figura 2, de manera que ilumine todo el riel y el equipo funcione correctamente y se procede a realizar el experimento, soltando el carrito poco después de poner a funcionar la lámpara estrebocópica y la cámara.
Si se desea obtener otra aceleración, se puede repetir la experiencia agregando barras de latón al carrito, aumentando su masa o cambiando la cantidad de barras que cuelgan para variar la fuerza efectiva sobre el sistema.



Arreglo Experimental, con la cámara y la lámpara.

ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS:

El cálculo de la aceleración se puede hacer de los datos de posición y tiempo que se miden en la fotografía, tomando un origen a partir de una posición inicial claramente observable y bien definida del carrito. Después se definen desplazamientos intermedios ***Δxi***
por un cierto número fijo (3,o 4 más) de imágenes del móvil, indicando que el tiempo de recorrido de cada intervalo siempre es igual a ***Δt***. Es conveniente seleccionar un mínimo de 8 desplazamientos.
Los datos obtenidos se pueden anotar en una tabla que facilita el análisis de datos como sigue:

Núm. de desplazamiento intermedio	Desplazamiento Δx_i (cm)	Velocidad media v_i (cm/s)	Tiempo de recorrido acumulado t (s)
1	$\Delta x_1 =$	$v_1 = \Delta x_1/\Delta t =$	$t_1 = 1 \times \Delta t$
2	$\Delta x_2 =$	$v_2 = \Delta x_2/\Delta t =$	$t_2 = 2 \times \Delta t$

Δt. se calcula dividiendo el número de imágenes del móvil en cada desplazamiento menos uno, entre la frecuencia de centelleo de la lámpara estreboscópica

$$\Delta t = \frac{no.imágenes - 1}{frec.lámpara}$$

La aceleración se calcula de la pendiente de la recta que pasa por los puntos de una gráfica de ***t*** vs ***v***, siendo ***v*** el tiempo acumulado que transcurrió desde la posición inicial a la final de dicho recorrido, estos datos se anotan en las dos últimas columnas de la tabla anterior. De esta forma, se obtiene una gráfica como la siguiente. La ecuación de dicha gráfica es:

$$v = m\,t + v_0$$

La aceleración ***a*** corresponde a su pendiente, siendo:

$$a = m$$

Para el análisis de datos se propone el método analítico de mínimos cuadrados. Este método permite realizar el mejor ajuste a un conjunto de datos experimentales cuya gráfica queda representada por una recta, calculando la pendiente de la recta así como la ordenada al origen que sean optimas al conjunto de resultados.

Las expresiones que nos permite encontrar la pendiente y la ordenada al origen en una gráfica recta cuya abscisa se denota por "***y***" y su ordenada por "***y***" son:

$$m = (\overline{xy} - \bar{x}\,\bar{y}) / (\overline{x^2} - \bar{x}^2)$$

$$b = \bar{y} - m\,\bar{x}$$

donde

$$\bar{x} = \sum_{i=1}^{n} x_i / n$$

$$\overline{x^2} = \sum_{i=1}^{n} x_i^2 / n$$

$$\bar{y} = \sum_{i=1}^{n} y_i / n$$

$$\overline{xy} = \sum_{i=1}^{n} x_i y_i / n$$

Ahora bien, las incertidumbres asociadas a la pendiente y a la ordenada son:

$$S_m = S_y\ [\,1/n\,(x^2 - \bar{x}^2)\,]^{1/2}$$

donde la cantidad S_y representa la desviación estándar de "*y*" por tanto.

$$S_y = [\,\sum_{i=1}^{n}\ (y_i - m\,x_i + b)^2 / (n-2)\,]^{1/2}$$

Como esta formulación es general, los significados de las variación ***"x"*** y ***"y"*** de esta formulación en el experimento corresponde a las variables del eje de las abscisas y el eje de las ordenadas de la gráfica (**v** Vs ***t*** ***)*** es decir ***"x"*** corresponde al tiempo acumulado ***"t"*** y ***"y"*** corresponde a la velocidad media de cada intervalos. Es muy importante no confundir a la variable ***"x"*** y ***"y"*** con posiciones o desplazamientos.

De modo que la pendiente ***"m"***, tiene unidades de velocidad entre tiempo que son las aceleración y la ordenada al origen tiene unidades de velocidad. Por lo tanto la fuerza ***"F"*** aplicada al móvil sobre el riel es:

$$F = m_c\, a = m_c\, \mathrm{m}$$

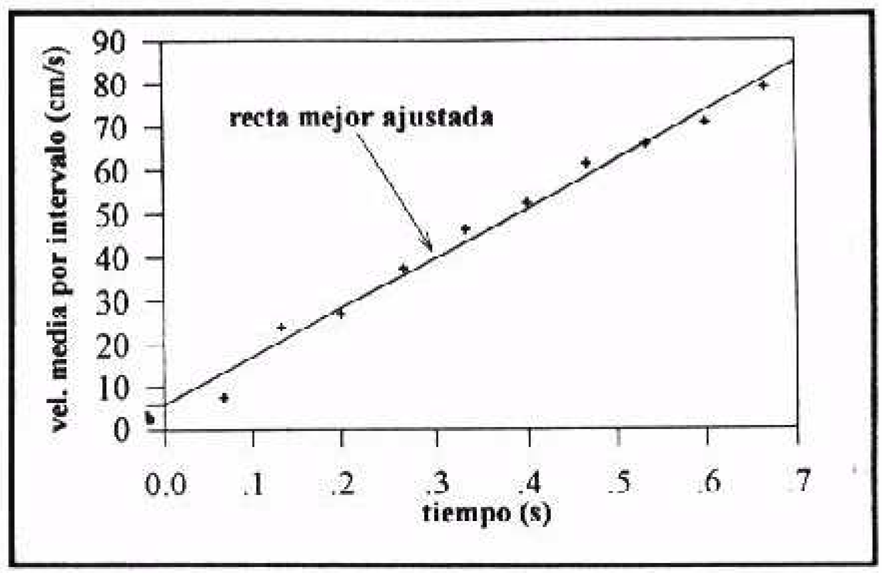


Figura 3. Gráfico de velocidad medio vs. tiempo.

COMENTARIOS

El método de mínimos cuadrados es un poco laborioso, pero permite obtener el mejor ajuste de un conjunto de datos.
Generalmente, en la gráfica se puede ajustar una recta, ya que la variación de la velocidad es proporcional al tiempo, es decir, se tiene una aceleración constante, con la cual se puede calcular la fuerza efectiva aplicada al carrito del riel y la fuerza de fricción.
También se nota en la gráfica una ordenada al origen distinta a cero, esto se debe a que los primeros puntos experimentales se encuentran muy cercanos y no se obtiene información de ellos, sin embargo se puede esperar que el error sea pequeño de manera que el origen se desplaza y el instante inicial ***t = 0*** corresponde a un momento en el que el móvil ya tiene una velocidad inicial diferente a cero. Este error puede minimizarse, escogiendo una frecuencia adecuada en la lámpara estrebocópica.
La diferencia obtenida entre el peso ***Mg*** y la fuerza efectiva que acelera al carrito y al peso que cuelga $(M + m_c)a$ es debido a una fuerza de fricción, la fuerza de fricción que presenta la cinta magnética sobre la polea.

SUGERENCIAS PARA LA EDUCACIÓN

1.- Los conceptos de aceleración y fuerza
2.- La segunda Ley de Newton
3.- Establecer el método de mínimos cuadrados
4.-Interpretar la ordenada del origen distinta de cero obtenida y cuando debe tomarse en cuenta
5.- Si es válido no considerar la masa de la cinta
6.- Como se obtiene

$$Mg = (M + m_c)a$$

7.- La aceleración del móvil igual a :

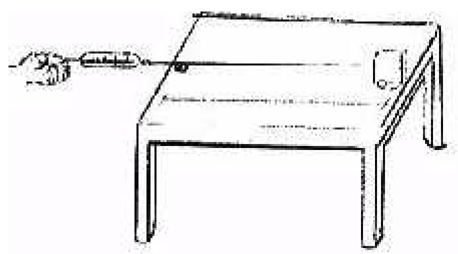
$$a = Mg / (M + m_c)$$

TRABAJO

OBJETIVO: Demostrar la relación que existe entre trabajo y distancia

GENERALIDADES: El trabajo es una magnitud escalar que sólo se produce cuando una fuerza mueve a un cuerpo en su misma dirección. Su valor se calcula multiplicando la magnitud de la componente de la fuerza que está en la misma dirección en que se efectúa el movimiento del cuerpo, por desplazamiento que éste realiza. **T = F.d**
Pendiente: Es la inclinación que se observa en una gráfica en el plano cartesiano.

MATERIAL
1 Carro de Hall
2 Poleas fijas
1 Varilla de3 60 cm
1 Base cónica
1 Juego de pesas
1 Regla
1 Bola de acero
1 Prensa
1 Balanza granataria



PROCEDIMIENTO

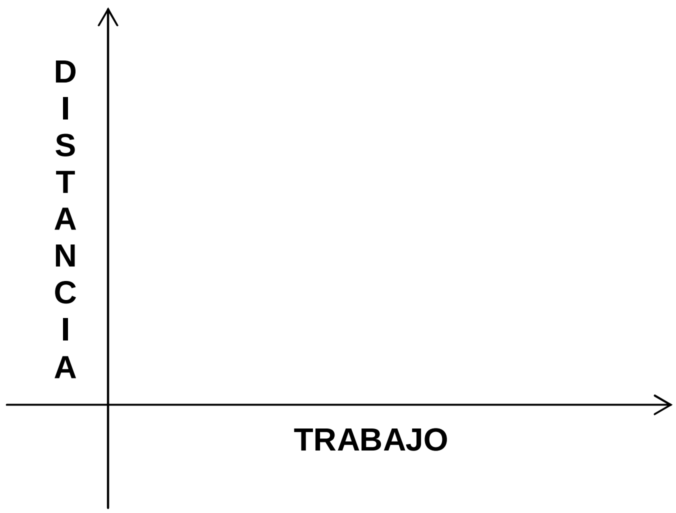
1.- Arme el equipo como se muestra en la figura.
2.- Coloque en el carrito de Hall un peso conocido y mida la distancia que se va a desplazar.
3.- Tire suavemente del hilo hasta que el carro haya recorrido la distancia que midió.
4.- Repita el experimento variando la distancia y después los pesos por lo menos tres veces.

Anote los resultados en el siguiente cuadro de datos.

PESO CARRO (Kg)	DISTANCIA (m)	TRABAJO (Kg/ M)	TRABAJO (JOULES)	TRABAJO (ERGIOS)

GUIA DE DISCUSIÓN

1.- Elabore una gráfica con los resultados obtenidos y tabulados.



2.- De la gráfica ¿ que relación existe en el trabajo y la distancia ?

3.- Calcule la pendiente (m) de la recta conocida con: $m = \frac{y_2 - y_1}{X_2 - x_1}$

4.- Si la pendiente fuese negativa, explique a que se debería

5.- ¿Cuando levantamos un peso conocido, estamos realizando trabajo?

¿Porqué? ____

CONCLUSIONES:

TRABAJO

OBJETIVO: Demostrar la relación que existe entre trabajo y distancia.

GENERALIDADES: El trabajo es una magnitud escalar que sólo se produce cuando una fuerza mueve a un cuerpo en su misma dirección. Su valor se calcula multiplicando la magnitud de la componente de la fuerza que está en la misma dirección en que se efectúa el movimiento del cuerpo, por el desplazamiento que éste realiza. **T = F d.**

MATERIAL
1Carro de Hall
2 Poleas fijas
1 Varilla de 60 cm
1 Base cónica
1 Juego de pesas
1 Regla
1 Bola de acero
1 Prensa de mesa
1 Balanza granataria.

PROCEDIMIENTO:

1.- Arme el equipo como se muestra en la figura
2.- Coloque en el carrito de Hall un peso conocido y mida la distancia que se va a desplazar
3.- Tire suavemente del hilo hasta que el carro haya corrido la distancia que se midió
4.- Repita el experimento variando la distancia y después los pesos por lo menos tres veces.
5.- Anote los resultados en el siguiente cuadro de datos.

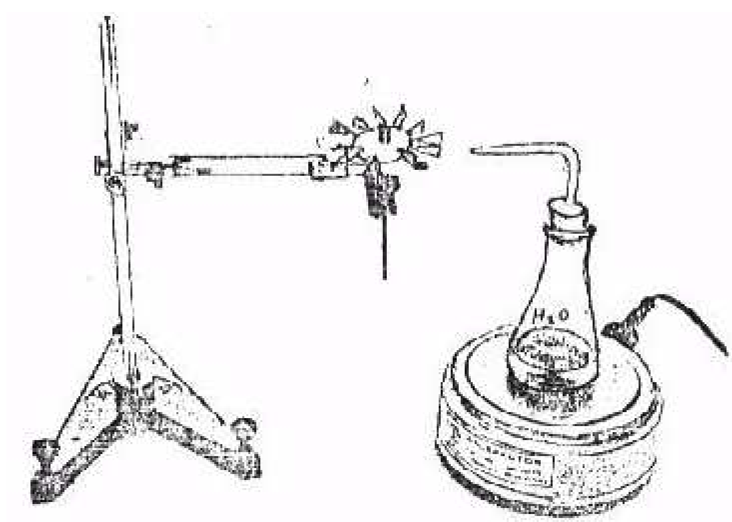
PESO CARRO (Kg)	DISTANCIA (M)	TRABAJO (Kg/M)	TRABAJO JOULES	TRABAJO ERGIOS

TRANSFORMACIÓN DE LA ENERGÍA CALORÍFICA EN MECÁNICA

OBJETIVO: Demostrar que la energía calorífica se puede transformar en energía mecánica

GENERALIDADES: El calor es energía en tránsito y la posibilidad de transformarlo, ha permitido construir diversos tipos de máquinas térmicas que son aparatos que se utilizan para transformar la energía calorífica en trabajo mecánico como las máquinas vapor, motores de combustión interna como los que usan los automóviles, carros, tractores, etc. Y motores de reacción como los turborreactores y los cohetes espaciales.

MATERIAL
1 Base triangular
1 Varilla de 500 mm
1 Parrilla eléctrica
1 Matráz Erlenmeyer de 150 ml
1 Tapón monohoradado
1 Tubo de vidrio en ángulo recto
1 Cruceta
1 abrazadera
1 rehilete
1 eje para soporte del rehilete



PROCEDIMIENTO:

1.- Vierta 100 ml de agua en el matráz y tápelo con el tapón en el que se le ha insertado el tubo de vidrio en ángulo recto por su extremo más ancho.

2.- Coloque el matráz sobre la parrilla de calentamiento para hacer hervir el agua

3.- Monte la varilla en la base y sostenga el eje del rehilete en posición vertical con la punta hacia arriba. Usando la cruceta y la abrazadera sobre la punta del eje monte el rehilete el cual debe quedar a la misma altura de la salida de vapor que se produce en el matráz sobre el calefactor.

4.- Acerque el aparato montado a la parrilla de modo que el tubo de desprendimiento de vapor apunte hacia el rehilete y quede a un centímetro de su borde

5.- Observe lo que sucede al llegar al punto de ebullición del agua

CAMBIOS DE ENERGIA POTENCIAL

OBJETIVO:
Comparar el cambio de energía potencial gravitatoria, perdida por un cuerpo, con el cambio de energía elástica ganada por un resorte.

GENERALIDADES:
Las propiedades y características particulares de la energía hacen que no se pueda crear ni destruir. Sin embargo, la energía está sujeta a cambios y a transformaciones. De este modo, cuando se comprime o se estira un resorte, se tiene que realizar un trabajo. Este trabajo es almacenado en el resorte en forma de energía potencial elástica. Cuando a un resorte se le cuelga una masa, éste se alarga una distancia ***X***, haciendo variar su energía potencial gravitacional pues, al extenderse el resorte se ve sometido a un cambio de energía potencial elástica. La fuerza que el resorte aplica a la masa es igual y de sentido contrario al peso de dicha masa.

MATERIAL
2 Barras
1 Abrazadera
1 Resorte
Varias pesas
1 Regla métrica
1 Pedazo de plastilina para fijar la regla

ACTIVIDADES:

Para determinar la energía potencial de un resorte, primero debemos de encontrar la relación que existe entre la fuerza aplicada a un resorte, al estirarlo o comprimirlo una distancia ***X***.
Para empezar la investigación , se coloca un resorte como indica ala figura 1.

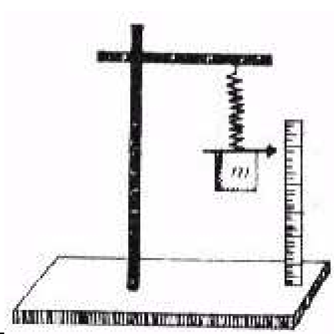
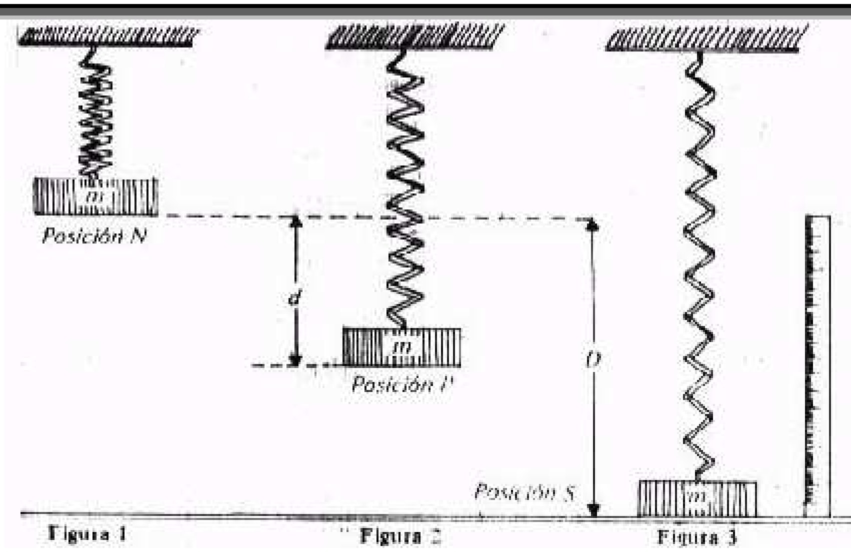


Fig. 1

Cuelgue masa conocidas hasta cierto límite y mida el alargamiento ***X*** en metros, en función de la fuerza ***F*** en newtons.

PROCEDIMIENTO II
Cuelgue una masa al resorte (Figura 1,2 y 3). Mida la longitud del resorte no alargado (Figura 1). Cuelgue una masa conocida y déjela bajar lentamente hasta que el cuerpo alcance el reposo a una distancia *d* (Figura 2). A continuación, cuelgue la masa y déjela caer bruscamente. Note que el resorte se alarga a una distancia *D*.*



REPORTE DEL TRABAJO

PROCEDIMIENTO 1

En la tabla anote los datos obtenidos de la medición del alargamiento:

FUERZA	ALARGAMIENTO

¿Cuál es la razón de colocar masas conocidas "hasta cierto límite"?

Trace una gráfica de ***F*** x ***X*** en papel milimétrico y anéxela aquí.

¿Qué tipo de proporción es ?

Calcule la pendiente de la gráfica.

¿Qué representa esta inclinación?

¿Cuál es el valor de la constante elástica (*K*) del resorte?

Determine el área bajo la curva.

¿Qué representan?

¿Por qué?

PROCEDIMIENTO II

Determine la pérdida de energía potencial gravitacional y el aumento de energía elástica.

En la figura 2 se observa una masa de equilibrio. Haga un diagrama de fuerzas.

¿Cuál es el valor de "*D*"? Demuéstrelo.

Compare este valor de "*D*", midiéndolo directamente.

Considere el nivel de energía potencial gravitacional en la posición "*S*" y determine la energía total de la masa en la posición "*N*".

En la posición "*S*", ¿Cuál es la energía potencial gravitacional de la masa?

En la posición "*S*", ¿Cuál es la energía potencial elástica y cuál es la su energía cinética?

¿Qué valor tiene la energía potencial gravitacional en la posición "*N*", compárela con el de la energía potencial elástica en la posición "*S*".

Determine el valor de *D*.

Compare este valor con el de "D", calculado anteriormente.

¿A qué conclusiones se llega?

Comentarios.

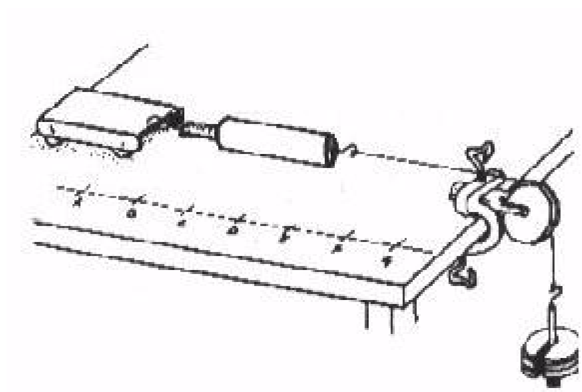
SEGUNDA LEY DE NEWTON

OBJETIVO:

1.-Demostrar experimentalmente la segunda ley de Newton.
2.- Hará una gráfica **F** Vs **a** con los datos experimentales.
3.- Analizará la gráfica obtenida **F** Vs **a**

GENERALIDADES: La 2ª. Ley de Newton dice: las aceleraciones que recibe un cuerpo son directamente proporcionales a la fuerza neta que se les aplica.
Sabemos por experiencia que un cuerpo en reposo jamás comenzará a moverse por si mismo, sino que será necesario que otro cuerpo ejerza sobre él una atracción o empuje. Es también familiar el hecho de que para retardar el movimiento de un cuerpo o para obtenerlo es necesaria una fuerza. La aceleración sufrida por un cuerpo es directamente proporcional a la fuerza que se le aplica **F = m.a**

MATERIAL
1 Carro de Hall
1 Juego de Pesas de 25 grs. a ½ kg.
1 Dinamómetro
2 Metros de cordel
1 Cinta métrica
1 Cronómetro
1 Polea con nuez



PROCEDIMIENTO:
Montar el material como lo muestra la figura 1.
NOTA: Si el dinamómetro no esta calibrado, calibrarlo colgando sucesivamente pesas de 25 grs., y marcar 1 Newton cuando se cuelguen 100 grs., dividir en cinco partes iguales el espacio entre las marcas.

a) Marcar sobre la mesa la distancia: 100 cm
b) Sujetar al dinamómetro calibrado el en carro y el cordel con una pesa de 50 grs.
c) Medir 4 veces el tiempo que le toma al carro recorrer la distancia. Anota la fuerza leída en el dinamómetro cuando el carro está en movimiento.
d) Aumentar en 30 grs., el peso colgado y medir 4 veces el tiempo en el que el carro recorre la distancia fija. Anotar la fuerza leída en el dinamómetro cuando el carro está en movimiento.

CUESTIONARIO:

1.- Tabule sus datos:

Distancia (cms.)	Tiempo (T) seg.	Fuerza inicial leída en el dinamómetro con el carro en reposo	Fuerza leída en el dinamómetro con el carro en movimiento

2.- Grafique D-T (en el papel milimétrico y anéxela)

CONCLUSIONES:____

TERCERA LEY DE NEWTON

OBJETIVO:

1.- Demostrará experimentalmente la tercera ley de Newton.
2.- Ejemplificará la tercera ley de Newton.

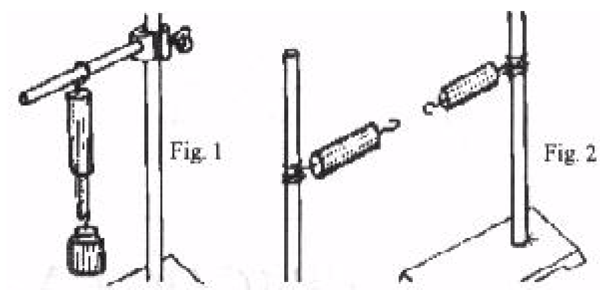
GENERALIDADES: La tercera ley de movimiento de Newton dice: " Si un cuerpo ejerce una fuerza sobre otro, el segundo cuerpo ejerce una fuerza igual y opuesta sobre el primero. De otra forma se dice que para cada acción existe una reacción igual y de sentido contrario.

MATERIAL
2 Soportes
1 Barra corta
2 Dinamómetros
1 Juego de pesas
Hilo resistente
1 Pinza

PROCEDIMIENTO:

PRIMER CASO

Suspenda de un dinamómetro un peso conocido como se muestra en la figura 1. Registre la lectura del dinamómetro y el peso. Repetir Varias veces con pesos diferentes.



PARTE A

Fije cada dinamómetro a las varillas soporte, utilizando un pedazo de cordel, como se muestra en la figura No. 2
Ahora jálelos hacia en centro y engánchelos.

1.- Tabule sus datos

MASA	LECTURA EN EL DINAMÓMETRO

2.- ¿Qué concluye de este experimento?

3.- ¿Son iguales o diferentes las lecturas en los dinamómetros?

4.- ¿Cuál de los dinamómetros jala al otro?

5.- Determine la dirección y sentido de las fuerzas que detectan los dinamómetros.

PARTE B

1.- Enuncie con sus propias palabras la tercera ley de Newton

2.- Dé tres ejemplos que ilustren la tercera ley de newton, especificando en cada caso las fuerzas de acción y reacción.

3.- ¿Porqué retrocede un rifle al hacer un disparo?

4.- ¿Cuál es la fuerza que la tierra ejerce sobre usted?¿ Cuál es entonces la fuerza que ejerce usted sobre la tierra?

5.- Cuando desembarca una lancha de remos y brinca hacia tierra ¿ Hacia donde se mueve la lancha? Explique este hecho.

6.- Cuando un cazador dispara un rifle, siente sobre su hombro una “patada” debido al disparo.

a).- ¿Qué ocasiona esta reacción?

b).- ¿Qué tipos de energía intervienen?

7.- Podría explicar el movimiento de un velero que va a favor del viento ¿Cuándo va encontra del viento?¿Cómo le hace para acercarse a la costa?

DIRECTORIO

DR. FERNANDO BILBAO MARCOS
RECTOR

DR. JESÚS ALEJANDRO VERA JIMÉNEZ
SECRETARIO GENERAL

DR. JAVIER SIQUEIROS ALATORRE
SECRETARIO ACADÉMICO

ING. GUILLERMO RAÚL CARBAJAL PÉREZ
DIRECTOR DE EDUCACIÓN MEDIA SUPERIOR

BIOL. LAURA RODRÍGUEZ MARTÍNEZ
COORDINADORA DE LABORATORIOS

PSIC. IRMA ISAURA MEDINA VALDÉS
RESPONSABLE DE ÁREA

DISEÑO Y EDICIÓN
LIC. RAFAEL CRISTIÁN MATA REYERO

"POR UNA HUMANIDAD CULTA"
Universidad Autónoma del Estado de Morelos