

## Mecánica sobre tableros magnéticos 1000735

### Instrucciones de uso

06/15 ALF



#### 1. Descripción

El juego de montaje de mecánica y estática posibilita la ejecución de todos los experimentos básicos de esta área. La particularidad radica en que todos los montajes experimentales se realizan con piezas de experimentación provistas de discos magnéticos que se adhieren a un tablero de emplazamiento vertical. En este caso, los imanes robustos garantizan un sostén seguro de todas las piezas. La ventaja de esta técnica experimental consiste, por un lado, en que se prescinde del uso de todos los materiales de soporte y, por otro lado, en la fácil movilidad de todas las piezas de experimentación. De esta manera, es posible un rápido montaje del correspondiente arreglo experimental y un ajuste sencillo. La disposición vertical y el adecuado tamaño de todas las piezas permiten una clara visibilidad de todos los experimentos. Al prescindir del material de soporte se elimina su incómoda influencia. Además, el trabajo en el tablero magnético permite la rotulación directa del montaje experimental. Si es necesario, se puede inscribir

un nombre para las piezas de montaje y, por otro lado, se pueden anotar en su correspondiente posición las respectivas magnitudes físicas que varían o se registran, como podría ser el caso de las longitudes y las fuerzas. Finalmente, aparte del arreglo experimental, se puede representar de manera directa un esbozo del experimento, que contenga el principio del montaje experimental. Este esbozo se puede dibujar antes de la realización del montaje, de manera que la colocación de las piezas se lleve a cabo en base al esbozo. Éste también se puede desarrollar después del montaje experimental, con lo cual se podrían poner de relieve las partes esenciales del arreglo de experimentación. De esta manera es posible, por ejemplo, la representación de fuerzas y paralelogramas de fuerza.

Además del juego de montaje, para la realización de los experimentos se necesita un tablero magnético que tenga una dimensión mínima de 100 cm x 100 cm.

## 2. Volumen de suministro

N°	Componente	Cantidad
1.	Dinamómetro de 5 N	2
2.	Plano inclinado con polea fija y medidor de ángulos	1
3.	Rodillo de 5 N	1
4.	Paralelepípedo de aluminio con 2 ganchos, 2 N	1
5.	Cuerpos con ganchos 1 N	6
6.	Polea, pequeña	1
7.	Polea, grande	1
8.	Polipasto de 2 poleas	1
9.	Palanca	1
10.	Varilla metálica con rosca	1
11.	Contrapeso con tornillo regulador de ajuste	1
12.	Resortes helicoidales	3
13.	Disco de centro de gravedad	1
14.	Plomada	1
15.	Soportes	3
16.	Manguitos de caucho	3
17.	Ganchos de latón	3
18.	Estribo de latón	1
19.	Escala adherente	1
20.	Flechas adherentes	4
21.	Triángulo adherente	1
22.	Cuerdas de nylon con lazos	4

## 3. Experimentos con el equipo

### Constitución de una fuerza, composición y descomposición de fuerzas

1. Medición de la fuerza con un dinamómetro – la fuerza como magnitud vectorial
2. Desplazamiento de una fuerza a lo largo de su línea de acción
3. Ley de Hooke
4. Adición de fuerzas con línea de acción común
5. Ley de acción y reacción
6. Adición de fuerzas de sentidos diferentes – utilización de dinamómetros
7. Adición de fuerzas de sentidos diferentes – utilización de cuerpos con ganchos
8. Descomposición de una fuerza en dos componentes perpendiculares entre sí
9. Descomposición de una fuerza en dos fuerzas paralelas

### Centro de gravedad y posición de equilibrio

10. Ejes baricéntricos y centro de gravedad de un disco de plástico
11. Posiciones de equilibrio de un cuerpo colgante
12. Posiciones de equilibrio – centro de gravedad fuera de la palanca

### Dispositivos de transformación de fuerzas

13. Equilibrio de fuerzas en palanca de dos brazos
14. Equilibrio de fuerzas en palanca de un brazo
15. Par de giro
16. Fuerzas en la polea fija
17. Fuerzas en la polea libre
18. Fuerzas en el polipasto
19. Fuerzas en el plano inclinado – análisis con el dinamómetro
20. Fuerzas en el plano inclinado – análisis con los cuerpos con ganchos
21. Fricción de deslizamiento – análisis con el dinamómetro
22. Fricción de deslizamiento – análisis con las pesas
23. Fricción estática
24. Fricción de rodadura

### Oscilaciones

25. Duración del ciclo de un péndulo de un hilo
26. Duración del ciclo de un péndulo de torsión
27. Resonancia de dos péndulos de torsión

## 4. Indicaciones acerca de algunas piezas de montaje

### 1. Dinamómetro

Los dinamómetros se los puede usar en cualquier posición. Dado el caso, se debe tomar en cuenta el propio peso de los hilos, ganchos etc. Sin embargo, si se emplean fuerzas elevadas su influencia es pequeña. La posición cero del indicador se alcanza girando el dial graduado. El hilo se debe pasar sobre el disco de cordón en el sentido de las agujas del reloj.

### 2. Plano inclinado

El plano inclinado se puede asegurar en el tablero de adhesión en diferentes inclinaciones. La plomada colgante indica el correspondiente ángulo de inclinación.

### 3. Polipasto con 2 poleas

El polipasto con dos poleas se puede utilizar también como polea libre. Con este fin, resulta apropiado destornillar una polea. De esta manera, el montaje experimental se vuelve más claro y disminuye la fuerza del peso de la polea.

### 4. Flechas y triángulo adherentes

Las direcciones de las fuerzas, o bien los movimientos, se pueden marcar en los montajes experimentales por medio de las flechas adherentes. Dado que estas flechas poseen la misma longitud, si se presentan magnitudes de fuerza diferentes, se debería anotar una indicación, en la que se explique que las flechas no reflejan correctamente los valores de las fuerzas.

Con el triángulo adherente se puede marcar muy bien la posición del punto de giro.

## 5. Ejecución de los experimentos

### 1. Medición de la fuerza con un dinamómetro – la fuerza como magnitud vectorial

#### Equipos

1. Dinamómetro
2. Rodillo
3. Paralelepípedo de aluminio con 2 ganchos
4. Cuerpos con ganchos
5. Ganchos de latón
6. 3 cuerdas con lazos, de diferente longitud

#### Montaje experimental

- Colocar el dinamómetro en la parte superior del tablero magnético.
- En él se fija la cuerda con lazos y en el extremo de ésta se fija el gancho de latón.

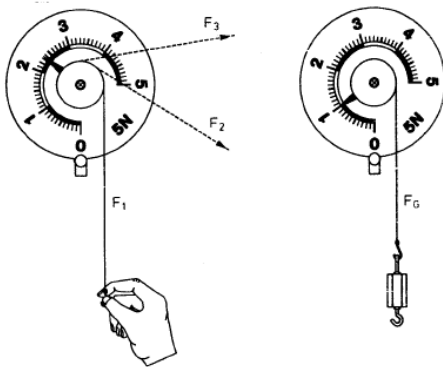


Fig. 1

### Experimento

- Ejercer con la mano, paso a paso, una fuerza mayor sobre el dinamómetro.
- Aplicar la fuerza sucesivamente en diferentes direcciones.
- Al final se cuelgan del dinamómetro los cuerpos con ganchos, el paralelepípedo de aluminio y el rodillo, uno después de otro.

### Resultado

Las fuerzas tienen diferentes valores y pueden actuar en diferentes direcciones. La fuerza del peso se orienta perpendicularmente hacia abajo. Para identificar una fuerza se requieren los datos de magnitud y dirección.

### 2. Desplazamiento de una fuerza a lo largo de su línea de acción

#### Equipos

1. Dinamómetro
2. 3 cuerpos con ganchos
3. Ganchos de latón
4. 3 cuerdas con lazos

#### Montaje experimental

- Fijar el dinamómetro en la parte superior del tablero magnético.
- Colgar las 3 cuerdas con lazos en su punto de medición.

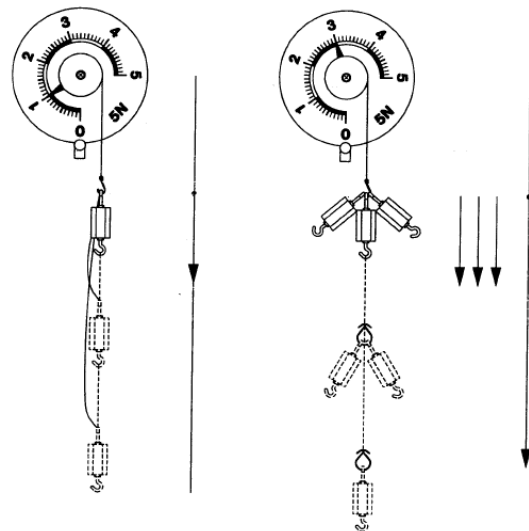


Fig. 2

### Experimento

- Primeramente, se cuelga un cuerpo del gancho del dinamómetro y se determina la fuerza presente.
- A continuación, se cuelga este cuerpo con

ganchos cada vez más abajo, pasando sucesivamente a los siguientes lazos.

- Después, se fijan los 3 cuerpos con ganchos del dinamómetro.
- Finalmente, se cuelga primero un cuerpo en el siguiente lazo inferior, y luego los otros dos cuerpos pasando sucesivamente a los siguientes lazos.
- Registre la fuerza indicada en cada ocasión.

### Resultado

Una fuerza puede desplazarse a lo largo de su línea de acción.

### 3. Ley de Hooke

#### Equipos

1. 3 cuerpos con ganchos
2. 2 resortes helicoidales
3. Soportes
4. Manguitos de caucho
5. Escala adherente

#### Montaje experimental

- Colocar la escala adherente en posición vertical sobre el tablero adherente.
- Fijar el soporte de su extremo superior.
- De allí se cuelga un resorte que se debe asegurar con un manguito de caucho.

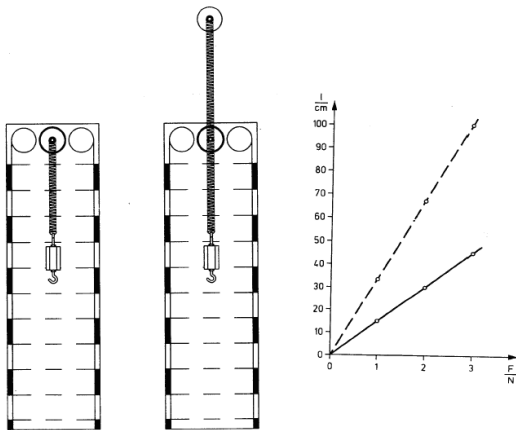


Fig. 3

#### Experimento

- Establecer la posición del extremo inferior del resorte.
- A continuación, sujetar un cuerpo con ganchos del resorte, establecer la prolongación y registrar el valor en la tabla.
- Después, colgar sucesivamente 2 y 3 cuerpos con ganchos del resorte y registrar

la prolongación.

- Repetir el experimento con 2 resortes colgados uno debajo del otro. Para esto es conveniente colocar el soporte de los resortes por encima de la escala adherente.
- Registrar nuevamente en la tabla la correspondiente prolongación y fuerza de peso producida.
- Representar gráficamente la prolongación en función de la fuerza.

Tabla

Fuerza de peso de los cuerpos con ganchos $F_G$ en N	Prolongación de un resorte $\Delta l$ en cm	Prolongación de dos resortes $\Delta l$ en cm
0		
1		
2		
3		

### Resultado

Mientras más grande sea la fuerza producida, más grande es también la prolongación. Es válida la ley de Hooke:  $\Delta l \sim F$ . La prolongación frente a una fuerza determinada depende de las características del resorte.

### 4. Adición de fuerzas con línea de acción común

#### Equipos

1. Dinamómetro
2. 5 cuerpos con ganchos
3. 2 cuerdas con lazos

#### Montaje experimental

- Fijar el dinamómetro en la parte superior del tablero magnético.
- Colocar las dos cuerdas con lazos en el dinamómetro.

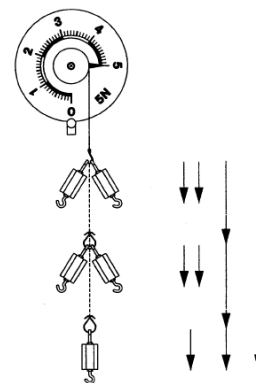


Fig. 4

### Experimento

- En primer lugar, fije un cuerpo con ganchos del dinamómetro y, a continuación los otros, paso a paso, según elección, en el dinamómetro o en las cuerdas.
- Lea la fuerza indicada en todos los casos.

### Resultado

Si todas las fuerzas actúan a lo largo de la línea de acción, entonces la fuerza total resulta de la adición de las fuerzas parciales. El sentido de la fuerza total es igual al de las fuerzas parciales.

## 5. Ley de acción y reacción

### Equipos

1. 2 dinamómetros
2. Cuerdas con lazos

### Montaje experimental

- Colocar los dos dinamómetros a ambos lados del tablero magnético de tal forma que entre los dos se encuentre la cuerda corta con sus lazos. La cuerda aún no está tensada.

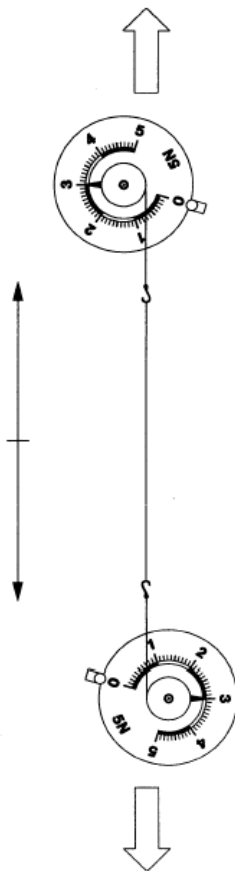


Fig. 5

### Experimento

- Desplazar el dinamómetro izquierdo progresivamente hacia la izquierda.

Cuando la cuerda se haya tensado, ambos dinamómetros indican una fuerza. Las fuerzas aumentan con el movimiento del dinamómetro. En todo caso, ambas son de igual magnitud.

- Llevar el dinamómetro izquierdo nuevamente a la posición original y desplazar el dinamómetro derecho progresivamente hacia el exterior.

Al ampliarse la distancia entre los dinamómetros se presentan siempre dos fuerzas de igual magnitud.

### Resultado

Si una fuerza actúa sobre un cuerpo, este cuerpo opone una fuerza antagónica de igual magnitud: ley de acción y reacción.

## 6. Adición de fuerzas de direcciones diferentes - utilización de dinamómetros

### Equipos

1. 2 dinamómetros
2. Resortes
3. Disco de centro de gravedad
4. 3 soportes
5. 3 manguitos de caucho
6. Gancho
7. Cuerdas con lazos

### Montaje experimental

- Fijar los dos dinamómetros a ambos lados, en la parte superior del tablero magnético, y unirlos con una cuerda con lazos.
- Colgar el gancho de esta cuerda.
- Fijar en el gancho el resorte helicoidal. Éste se estira hacia abajo para fijarlo en un soporte con manguito de caucho.
- Colocar un soporte adicional en el lugar donde se encuentra el gancho.
- Fijar el disco de centro de gravedad en un soporte, delante del resorte helicoidal, de manera que el resorte quede cubierto y sólo el gancho con soporte permanezca visible.

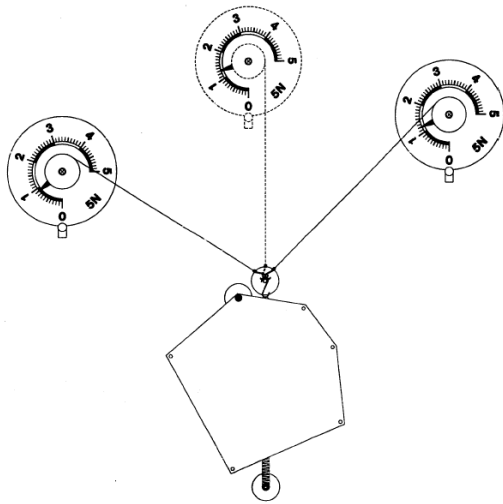


Fig. 6

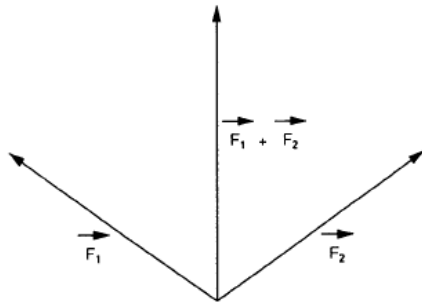


Fig. 6 a

### Experimento

- Desplazar los dos dinamómetros de manera que el gancho ya no esté junto al soporte.

En esta posición actúan dos fuerzas sobre el gancho, que se encuentran en equilibrio con la fuerza del resorte.

- Trazar en el tablero las dos fuerzas de los dinamómetros, en sentido y magnitud.
- A continuación, retire un dinamómetro del montaje y cuelgue el lazo libre de la cuerda del punto de medición del dinamómetro restante.
- Desplace este dinamómetro hasta que el gancho nuevamente deje de topar el soporte.

En este caso, la fuerza que proviene del dinamómetro, y que actúa sobre el gancho, produce el mismo resultado obtenido anteriormente con las dos fuerzas individuales.

- Registrar igualmente en el tablero esta fuerza, en magnitud y sentido.

Esta fuerza describe una diagonal en el paralelograma de fuerzas.

### Resultado

Si sobre un cuerpo actúan dos fuerzas de diferente sentido, éstas se pueden reemplazar por una sola fuerza. La magnitud y el sentido de esta fuerza se obtienen de la diagonal trazada en el paralelograma de fuerzas.

### 7. Adición de fuerzas de diferentes direcciones – utilización de cuerpos de gancho

#### Equipos

1. Dinamómetro
2. Polea, grande
3. Polea, pequeña
4. 6 cuerpos con ganchos
5. Resorte helicoidal
6. Disco de centro de gravedad
7. 3 soportes
8. 3 manguitos de caucho
9. Ganchos de latón
10. Cuerdas con lazos, largos

#### Montaje experimental

- Fijar las dos poleas a ambos lados de la parte superior del tablero magnético.
- Colocar la cuerda sobre las poleas y colgar de cada lazo 2 cuerpos con ganchos.
- Asegurar el resorte en la parte inferior del tablero en un soporte con un manguito.
- Unir el otro extremo del resorte con la cuerda por medio de un gancho.
- Desplazar el soporte hacia abajo hasta que, entre las dos fuerzas que se dirigen oblicuamente hacia arriba, aparezca el ángulo deseado.
- A continuación, colocar un soporte en el lugar del gancho sin tocarlo.
- Fijar con un soporte adicional el disco de centro de gravedad de tal forma que cubra al resorte y sólo el gancho con el soporte permanezca visible.

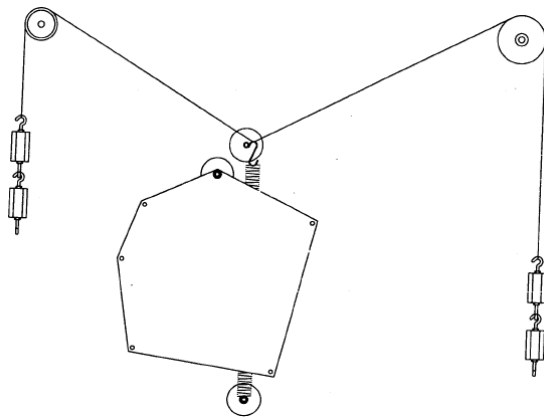


Fig. 7

### Experimento

Cada uno de los cuerpos con ganchos ejerce una fuerza tal sobre el gancho que lo obliga a permanecer en esta posición.

- Marcar en el tablero los dos sentidos de las fuerzas e integrar al montaje puntas de flechas, de manera que la longitud de los vectores correspondan a la magnitud de las fuerzas.

El objetivo consiste en reemplazar estas dos fuerzas por una sola, de manera que se produzca el mismo efecto.

- Para ello, ajuste el dinamómetro al gancho, en lugar de la cuerda con los cuerpos con gancho, y desplácelo hacia arriba, o bien hacia un costado, hasta que el gancho se suspenda otra vez libremente.

Ahora, el dinamómetro ejerce la misma fuerza que anteriormente ejercían los cuerpos con ganchos.

- Trace la magnitud y el sentido de la fuerza del dinamómetro en el tablero.

Después de retirar el dinamómetro, en el paralelograma de fuerzas, se reconoce que la fuerza resultante es igual a las diagonales que se extienden a partir de las dos fuerzas individuales.

### Resultado

Si dos fuerzas actúan sobre un cuerpo en sentidos diferentes, éstas se pueden reemplazar por una sola fuerza. La diagonal del paralelograma de fuerzas, que parte del punto de aplicación de ambas fuerzas, corresponde

en magnitud y sentido a la suma de ambas fuerzas individuales.

### 8. Descomposición de una fuerza en dos componentes perpendiculares entre sí

#### Equipos

1. 2 dinamómetros
2. 5 cuerpos con ganchos
3. Polea
4. Soporte
5. Manguito de caucho
6. Ganchos de latón
7. 2 cuerdas con lazos

#### Montaje experimental

- Sujetar un dinamómetro a media altura, del lado izquierdo del tablero magnético y, el otro, en la mitad de la parte superior del tablero.
- Unir ambos dinamómetros con una cuerda corta con lazos.
- Sujetar el gancho de latón a esta cuerda y equiparlo con una cuerda adicional con lazos.
- Colgar los 5 pesos en el lazo libre y colocar la cuerda sobre la polea de manera que la cuerda tire, en sentido oblicuo, hacia abajo y hacia la derecha.
- Cambiar la posición del dinamómetro superior de manera que se forme un ángulo recto entre las dos fuerzas que emergen de los dinamómetros.
- Fijar el soporte en el lugar del gancho de latón de manera que el gancho no lo tope.

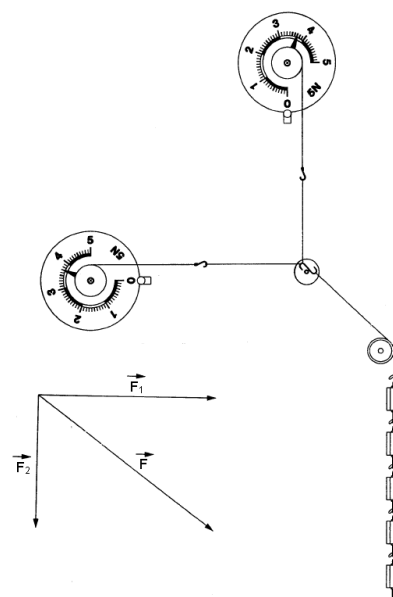


Fig. 8

## Experimento

Los cuerpos ejercen sobre el gancho de latón una fuerza oblicua que se dirige hacia abajo. El gancho descompone esta fuerza en dos componentes perpendiculares entre sí. La primera fuerza tiene un sentido vertical y, la otra, horizontal. Ambas fuerzas, indicadas por los dinamómetros, muestran la fuerza de reacción opuesta a las dos componentes parciales de la fuerza descompuesta.

- Primeramente, indicando magnitud y dirección, registre en el paralelograma la fuerza  $F$  de los cuerpos con gancho, que se dirige hacia abajo en sentido oblicuo.
- Trace después, desde el punto de partida de esta fuerza, una línea horizontal y una vertical.
- Ahora, construya un paralelograma de tal manera que, la fuerza de los cuerpos con gancho corresponda a la diagonal del rectángulo.

En el paralelograma se puede leer la magnitud de las dos fuerzas parciales que emergen del punto de aplicación de la fuerza. Estas magnitudes corresponden a los valores indicados por los dinamómetros. El sentido de las fuerzas parciales que actúan sobre los dinamómetros es, sin embargo, opuesto a estas fuerzas parciales, puesto que éstas representan fuerzas antagónicas.

## Resultado

Toda fuerza se puede descomponer en dos fuerzas parciales perpendiculares entre sí. Las magnitudes de las dos fuerzas parciales corresponden a las longitudes de los dos lados del rectángulo, en el que la fuerza descompuesta forma la diagonal. Cada una de las fuerzas parciales es más pequeña que la fuerza descompuesta.

## 9. Descomposición de una fuerza en dos fuerzas paralelas

### Equipos

1. 2 dinamómetros
2. Palanca
3. 4 cuerpos con ganchos

### Montaje experimental

- Fijar los dos dinamómetros, a igual altura, al lado derecho e izquierdo del tablero magnético.
- Colgar la palanca en el dinamómetro de tal forma que los puntos de aplicación de la

fuerza sean los agujeros extremos de la palanca.

- Variar la posición del dinamómetro de tal forma que las fuerzas actúen hacia arriba, verticalmente, y que la palanca penda en posición horizontal.

Las desviaciones en los dinamómetros, producidas por la fuerza de peso de la palanca, se corrigen girando el cuadrante.

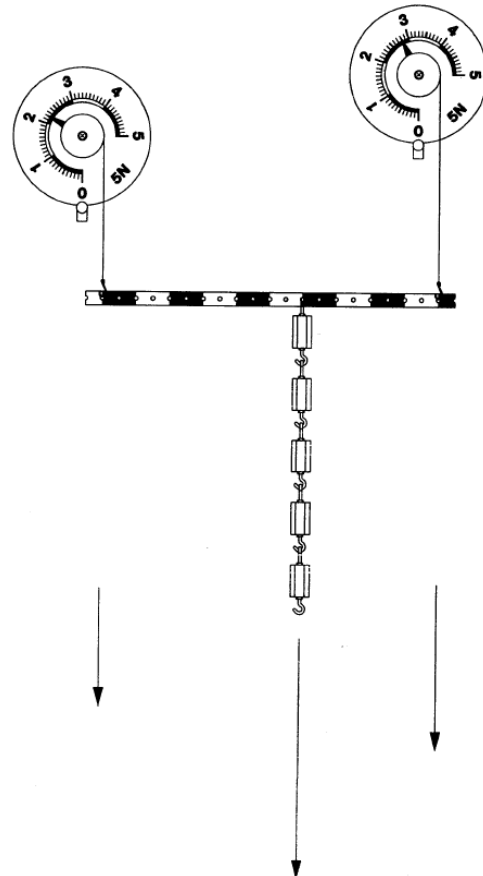


Fig. 9

## Experimento

- En primer lugar, registre la (misma) fuerza de peso indicada por los dos dinamómetros.
- Después, cuelgue en la mitad de la palanca los 4 cuerpos, de manera que uno se suspenda de otro, y determine las fuerzas parciales indicadas por los dinamómetros.
- A continuación, desplace hacia afuera el punto de suspensión registrando siempre las fuerzas parciales. Para ello es necesario, antes de la lectura, alinear horizontalmente la palanca mediante el desplazamiento vertical del dinamómetro.
- Anote en la tabla siguiente las fuerzas parciales  $F_1$  y  $F_2$  y las distancias  $a_1$  y  $a_2$ .

La suma de las fuerzas parciales indicadas por los dinamómetros es igual a la fuerza de peso de los cuerpos con gancho.



Tabla

Fuerza $F_1$ en N	Fuerza $F_2$ en N	Distancia $a_1$ en cm	Distancia $a_2$ en cm

### Resultado

Una fuerza se puede descomponer en dos fuerzas parciales paralelas a ella. Además, la suma de las fuerzas parciales es igual a la magnitud de la fuerza total. Las fuerzas parciales se comportan de manera inversa a las distancias de los puntos de aplicación de las fuerzas parciales del punto de aplicación de la fuerza total.

$$\frac{F_1}{F_2} = \frac{a_2}{a_1}$$

## 10. Ejes baricéntricos y centro de gravedad de un disco de plástico

### Equipos

1. Disco de centro de gravedad
2. Plomada
3. Soporte
4. Manguito de caucho

### Montaje experimental

- Fijar el soporte en la mitad de la parte superior del tablero magnético y colocar el disco de centro de gravedad en el soporte, utilizando uno de sus agujeros.
- A continuación, fijar la plomada en el soporte y asegurarla con el manguito de caucho.

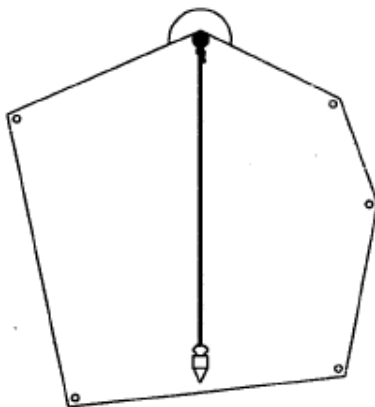


Fig. 10

### Experimento

- Trazar a lo largo de la plomada una línea fina con un lápiz.
- Después, colgar el disco de centro de gravedad de otro de sus agujeros, asegurar de igual manera la plomada en el soporte y trazar nuevamente a lo largo de la plomada una línea fina con un lápiz.
- Proceder de igual manera con los otros agujeros del disco de centro de gravedad.

### Resultado

Todos los llamados ejes baricéntricos se cortan en el mismo punto. Éste es el centro de gravedad del disco de plástico.

- Para probar lo afirmado, retire el disco del soporte, colóquelo en posición horizontal y sosténgalo con un lápiz afilado apoyado en el centro de gravedad.

El disco apoyado en el centro de gravedad no cambia de posición.

### Nota

Considerado exactamente, el centro de gravedad del disco se encuentra en su interior. Por eso el disco no permanece quieto en todas las posiciones si se lo apoya en el punto encontrado.

## 11. Posiciones de equilibrio de un cuerpo colgante

### Equipos

1. Palanca
2. Varilla metálica con rosca
3. Soporte
4. Manguito de caucho

### Montaje experimental

- Fijar el soporte en el centro de la parte superior del tablero, insertar la palanca en su agujero central y asegurarla con un manguito de caucho.

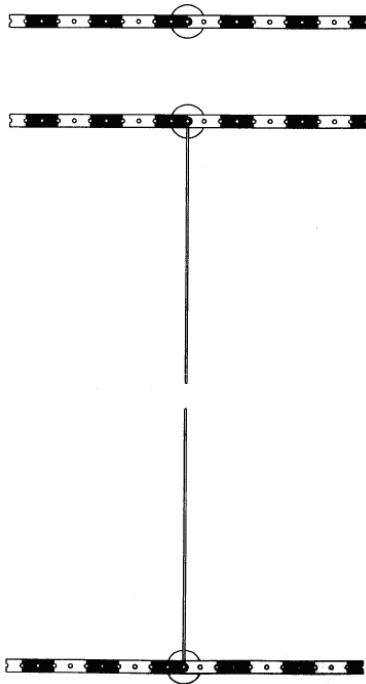


Fig. 11

### Experimento

- Poner la palanca en diferentes posiciones y soltarla en cada ocasión.
- A continuación, fijar la varilla con rosca en la parte central de la palanca, de tal forma que la varilla se dirija hacia abajo.
- Volver a poner la palanca en diferentes posiciones, con la varilla metálica ubicada por debajo del punto de suspensión y, luego, soltar la palanca.
- Finalmente, girar la palanca 180°, de manera que la varilla metálica se dirija verticalmente hacia arriba.
- Soltar la palanca también en esta posición.

### Resultado

En el primer caso, la palanca se encuentra en equilibrio indiferente. Se mantiene quieta en cualquier posición a la que se la lleve.

En el segundo caso, la palanca se encuentra en un equilibrio estable. Si se la desvía de su posición de equilibrio, la palanca siempre vuelve a adoptar dicho equilibrio.

En el tercer caso, la palanca se encuentra en un equilibrio inestable. Se mantiene sólo poco tiempo en esta posición. Cualquier desviación de esta posición, por más pequeña que sea, conduce a que se aleje siempre más y pase a la posición de equilibrio estable.

## 12. Posiciones de equilibrio – centro de gravedad fuera de la palanca

### Equipos

1. Palanca
2. Varilla metálica con rosca
3. Contrapeso con tornillo de ajuste
4. Plomada
5. Soporte
6. Manguito de caucho

### Montaje experimental

- Atornillar la varilla metálica en el medio de la palanca.
- Fijar el contrapeso con tornillo regulador de ajuste cerca del extremo inferior de la varilla metálica.
- Colocar el soporte en el medio de la parte superior del tablero magnético y dejar que la plomada se desplace desde el soporte hasta la placa base.
- Insertar la palanca por cualquier agujero en el soporte y retenerla con el manguito de caucho.

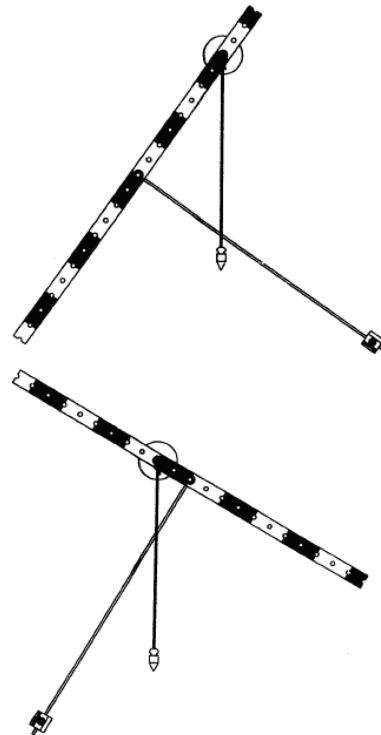
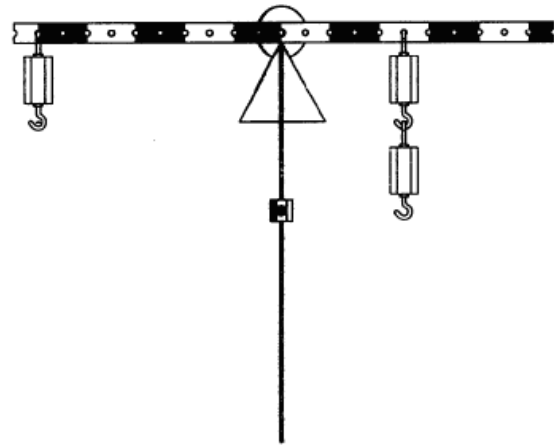


Fig.12

### Experimento

- Marcar el punto en donde la plomada corta a la varilla metálica, por ejemplo, con un trozo de cinta adhesiva.

- A continuación, insertar la palanca en el soporte, empleando otro agujero, y determinar el punto de cruce de la plomada con la varilla metálica.
- Repetir el experimento con dos agujeros que, desde el punto de vista de la varilla metálica, se encuentren al otro lado de la palanca.
- Finalmente, retirar la palanca y la plomada del soporte y sostener la varilla con la punta de un dedo, de manera que el punto de apoyo se encuentre en el sitio marcado de la varilla metálica.



### Resultado

En todos los casos, el punto de cruce de la plomada con la varilla metálica se encuentra en el mismo sitio. Este punto está fuera de la palanca. Éste es el centro de gravedad del montaje.

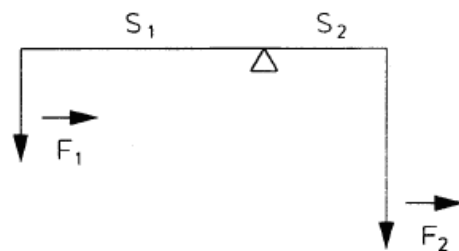


Fig. 13

### 13. Equilibrio de fuerzas en la palanca de dos brazos

#### Equipos

1. 6 cuerpos con ganchos
2. Palanca
3. Varilla metálica con rosca
4. Contrapeso con tornillo de ajuste
5. Soporte
6. Manguito de caucho
7. Triángulo adherente

#### Montaje experimental

- Fijar el soporte en la parte media superior del tablero, unir la palanca con el soporte, por medio de su agujero central, y proteger esta unión contra deslizamiento por medio del manguito de caucho.
  - Debajo del soporte, atornillar la varilla metálica con rosca en la palanca y fijar en la altura media de la varilla el contrapeso con tornillo de ajuste.
- Mientras más arriba se encuentre el peso de compensación, más grande será la sensibilidad de la palanca.
- Marcar el punto de giro de la palanca con el triángulo adherente.

#### Experimento

- Colgar un cuerpo con ganchos del agujero que se encuentra en el extremo izquierdo de la palanca.
- A continuación, escoger un agujero del lado derecho de la palanca y colgar del mismo un cuerpo con gancho, para que la palanca esté en equilibrio.
- Los puntos donde actúan las fuerzas se pueden marcar con las flechas indicadoras de fuerzas.
- Medir la distancia que existe entre los dos puntos de aplicación de la fuerza y el punto de giro, y registrarla en la tabla; lo mismo se aplica a las fuerzas de peso de los dos cuerpos con ganchos.
- Luego, colgar del cuerpo con ganchos de la derecha un cuerpo más y buscar el agujero de la palanca de donde se puedan colgar los dos cuerpos para que se mantenga el equilibrio.
- Registrar las fuerzas y los brazos de fuerza en la tabla.
- Ahora, colgar el cuerpo izquierdo moviéndolo dos agujeros hacia adentro (octavo agujero desde el punto de giro).
- Para lograr un equilibrio, colgar a la derecha primeramente uno, después dos y finalmente 4 cuerpos con gancho, en el sitio correspondiente.

- Registrar nuevamente el largo de los brazos de fuerza y las magnitudes de las fuerzas en la tabla.

Tabla

Brazo izq. de palanca $s_1$ en cm	Fuerza activa hacia la izq. $F_1$ en N	Brazo der. de palanca $s_2$ en cm	Fuerza activa hacia la derecha $F_2$ en N	$F_1 \cdot s_1$ en Ncm	$F_2 \cdot s_2$ en Ncm

### Resultado

Mientras más lejos del punto de giro actúe la fuerza en una palanca, más pequeña debe ser la fuerza que la mantiene en equilibrio. Para la evaluación matemática, se forman los productos de fuerza y brazo de fuerza para los dos brazos de la palanca (las dos últimas columnas en la tabla). Es válido:

$$F_1 \cdot s_1 = F_2 \cdot s_2.$$

### 14. Equilibrio de fuerzas en la palanca de un brazo

#### Equipos

1. Dinamómetro
2. 6 cuerpos con ganchos
3. Palanca
4. Soporte
5. Manguito de caucho
6. Triángulo adherente

#### Montaje experimental

- Fijar el soporte en la parte superior media del tablero magnético.
- Insertar la palanca (último hueco de la izquierda) en el soporte y, del último agujero de la derecha de la palanca, colgar la pieza de medición del dinamómetro.
- Fijar el dinamómetro en el tablero magnético de manera que la palanca se encuentre en posición horizontal y la línea de acción de la fuerza siga un curso perpendicular hacia abajo.

La desviación del dinamómetro, producida por el propio peso de la palanca, se corrige girando el cuadrante hasta que la aguja llegue a cero.

- Marcar el punto de giro de la palanca con el triángulo manual.

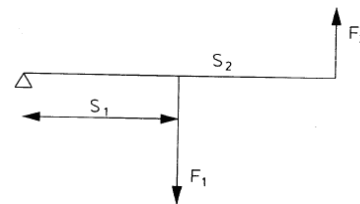
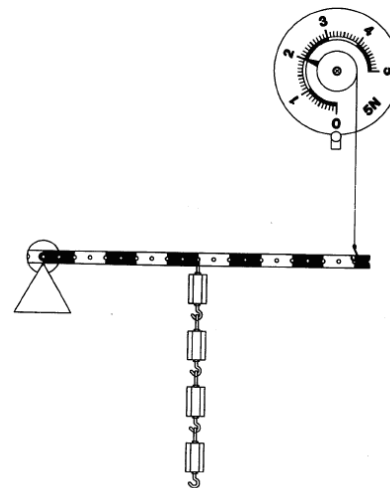


Fig. 14

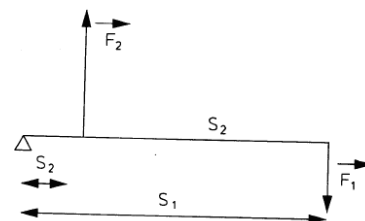
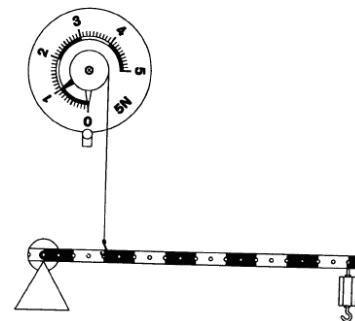


Fig. 14 a

#### Experimento

- Suspender entre sí 4 cuerpos con ganchos y, primeramente, sujetarlos de la parte central de la palanca.
- Registrar las longitudes de los brazos de la palanca y los valores de las fuerzas en la tabla de datos de medición
- A continuación, colgar los cuerpos en un agujero que se dirija hacia el punto de giro y, después, en un agujero que esté más apartado de él. Las magnitudes de las medidas físicas se registran también en la tabla.

- Aflojar el dinamómetro de la palanca y engancharlo en el cuarto agujero, a partir del punto de giro.
- Ocurre ahora que la palanca permanece en posición horizontal y la línea de acción se dirige verticalmente hacia arriba.
- Realizar una nueva corrección del punto cero del dinamómetro.
- Ahora, colocar sucesivamente un cuerpo con ganchos en tres lugares de la palanca, que se encuentren a la derecha del punto de medición de la fuerza.
- Anotar en la tabla los correspondientes valores de las magnitudes físicas medidas.

- Insertar la palanca en el soporte, a través del agujero central, y sostener la unión con el manguito de caucho, asegurándola contra cualquier deslizamiento.
- Colocar un dinamómetro arriba del brazo derecho de la palanca, y el otro abajo del mismo.
- Marcar el punto de giro de la palanca con el triángulo adherente.

Tabla

Brazo de palanca $s_1$ en cm	Fuerza activa dirigida hacia abajo $F_1$ en N	Fuerza a activa dirigida hacia arriba $F_2$ en N	Fuerza a activa dirigida hacia arriba $F_2$ en N	$F_1 \cdot s_1$ en Ncm	$F_2 \cdot s_2$ en Ncm

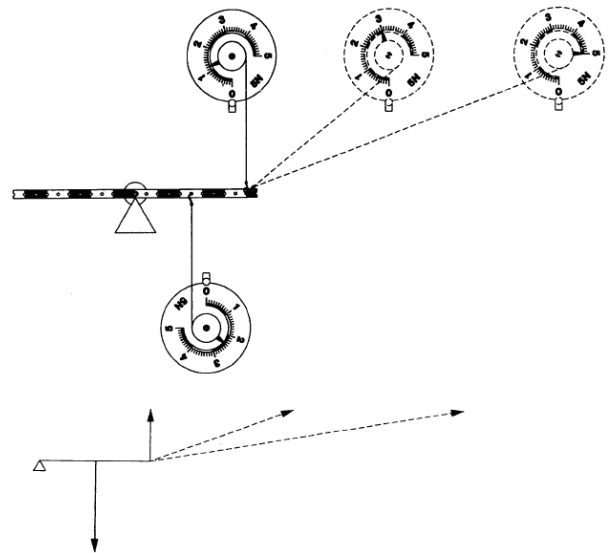


Fig. 15

### Resultado

Mientras más grande sea la distancia existente entre el punto de aplicación de la fuerza y el punto de giro, más pequeña deberá ser la fuerza necesaria para que se logre un equilibrio.

Para la evaluación matemática se forman los productos del correspondiente brazo de la palanca y de su respectiva fuerza (las dos últimas columnas en la tabla). Para la palanca de un brazo es válido lo siguiente:

$$F_1 \cdot s_1 = F_2 \cdot s_2.$$

### 15. Par de giro

#### Equipos

1. 2 dinamómetros
2. Palanca
3. Soporte
4. Manguito de caucho
5. Triángulo adherente

#### Montaje experimental

- Fijar el soporte en el centro del tablero magnético.

### Experimento

- Enganchar el punto de medición del dinamómetro superior en el último agujero de la palanca.
- Enganchar el punto de medición del dinamómetro inferior en el quinto agujero contado a partir del punto de giro.
- Modificar la posición de los dinamómetros de manera que la palanca se encuentre en posición horizontal y las cuerdas señalen verticalmente hacia arriba, o hacia abajo, correspondientemente.
- Al hacerlo, ajustar una fuerza de algunos newtons en uno de los dinamómetros.
- Registrar en la tabla de valores de medición la correspondiente distancia existente entre el punto de aplicación de la fuerza y el punto de giro de la palanca, al igual que las fuerzas correspondientes.
- A continuación, variar primeramente dos veces el punto de sujeción del dinamómetro inferior, finalmente variar también el punto de sujeción del dinamómetro superior.
- En cada caso, regular una posición horizontal de la palanca y prestar atención a las fuerzas perpendiculares que pasan por ahí.

- Volver a registrar en la tabla las distancias existentes entre el punto de giro y las fuerzas.
- Finalmente, variar la posición del dinamómetro inferior de manera que el sentido de la fuerza difiera cada vez más de la perpendicular de la palanca. Al hacerlo, no obstante, la palanca debe permanecer en posición horizontal.

Tabla

Distancia de la fuerza 1 del punto de giro $s_1$ en cm	1. fuerza $F_1$ en N	Distancia de la fuerza 2 del punto de giro $s_2$ en cm	2. fuerza $F_2$ en N	Par de giro 1 $F_1 \cdot s_1$ en Ncm	Par de giro 2 $F_2 \cdot s_2$ en Ncm

### Resultado

El par de giro se puede utilizar para describir el equilibrio de un cuerpo giratorio. Éste es el producto de la distancia existente, correspondientemente, entre el punto de aplicación de la fuerza y el punto de giro por la fuerza perpendicularmente orientada a ella. Si existe equilibrio, la magnitud del par de giro dirigido hacia la derecha es igual a la del par de giro dirigido hacia la izquierda.

$$F_1 \cdot s_1 = F_2 \cdot s_2.$$

Si la fuerza se desvía perpendicularmente y en mayor grado del sentido del brazo de la palanca, dicha fuerza debe ser más elevada para que se mantenga el equilibrio. Este resultado justifica la afirmación de que el par de giro es el producto entre la distancia existente entre el punto de aplicación de la fuerza y el punto de giro por la fuerza perpendicularmente orientada a ella. Mientras más se desvía la fuerza de este sentido, mayor debe ser su magnitud para que se presente el mismo par de giro.

## 16. Fuerzas en la polea fija

### Equipos

1. 6 cuerpos con ganchos
2. Polea, grande
3. Soporte

4. Manguito de caucho
5. Escala de adherencia
6. Cuerda de nylon con lazos

### Montaje experimental

- Fijar la escala adherente en posición vertical sobre el tablero magnético.
- Colocar la polea grande, en el extremo superior, en la mitad de la escala adherente.
- Colocar la cuerda con lazos sobre la polea. Suspender de cada lazo un cuerpo con gancho.

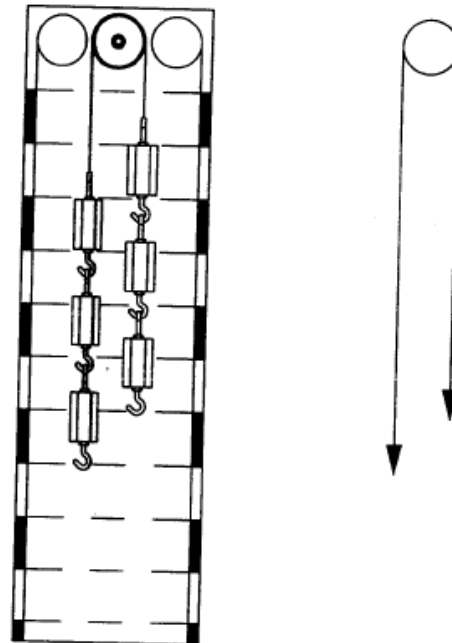


Fig. 16

### Experimento

- Elevar el número de cuerpos primero a dos y luego a tres.
- En cada caso, se llevan los cuerpos a diferentes posiciones con el fin de observar el comportamiento del montaje en su conjunto.

### Resultado

En la polea fija domina el equilibrio, si a cada lado actúa la misma fuerza.

## 17. Fuerzas en la polea libre

### Equipos

1. Dinamómetro
2. Polea, grande
3. Polipasto con 2 poleas
4. 6 cuerpos con ganchos

5. Contrapeso con tornillo de ajuste
6. Soporte
7. Manguito de caucho
8. Escala adherente
9. Cuerda de nylon con lazos

### Montaje experimental

- Fijar la escala adherente, en posición vertical, sobre el tablero magnético.
- Asegurar el soporte en el extremo superior, en la mitad de la escala adherente.
- Colocar muy cerca y por encima la polea grande.
- Suspender del soporte un lazo de la cuerda y retenerlo con el manguito de caucho.
- A continuación, dirigir la cuerda hacia abajo y colgar el polipasto con las poleas. Dirigir la cuerda nuevamente hacia arriba y colocarla en el extremo superior de la escala adherente a través de la polea fija.
- Colgar un cuerpo con ganchos del lazo, en el extremo de la cuerda, y cargar el polipasto con dos cuerpos.
- Colocar adicionalmente el contrapeso con tornillo regulador de ajuste en el cuerpo con gancho, para equilibrar la fuerza de peso del polipasto y, dado el caso, añadir algo de plastilina.

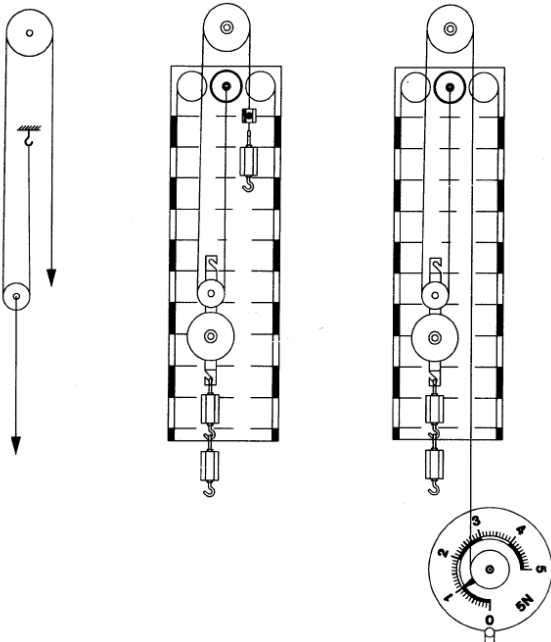


Fig. 17

Fig. 17 a

Fig. 17 b

### Experimento 1

- Llevar al cuerpo con gancho, a lo largo de la escala, a diferentes posiciones y soltarlo en cada ocasión.

- A continuación, colgar un segundo cuerpo del polipasto y colgar otros cuerpos del lazo hasta lograr el equilibrio.

### Experimento 2

- Sustituir la polea fija por un dinamómetro y colgar de su punto de medición la cuerda con lazo, en la que se encontraba el cuerpo con ganchos con el contrapeso con tornillo regulador de ajuste.
- Retirar los cuerpos con ganchos del polipasto.
- A continuación, la desviación de la aguja del dinamómetro, causada por el propio peso de la polea libre con polipasto, se debe ajustar a cero girando el cuadrante.
- Después, colgar del polipasto, uno tras otro, los cuerpos con ganchos y registrar en cada ocasión la fuerza indicada por el dinamómetro.

### Resultado

La polea libre se encuentra en equilibrio si la fuerza que actúa sobre la cuerda tiene un valor equivalente a la mitad de la fuerza que actúa sobre la polea.

### Nota

Para la ejecución de los experimentos es conveniente destornillar del polipasto la polea grande. De este modo, se aumenta la visibilidad y se disminuye la fuerza de peso incómoda del polipasto.

## 18. Fuerzas en el polipasto

### Equipos

1. 6 cuerpos con gancho
2. Polea, pequeña
3. Polea, grande
4. Polipasto con 2 poleas
5. Contrapeso con tornillo de ajuste
6. Soporte
7. Manguito de caucho
8. Escala adherente
9. Cuerda de nylon con lazos, larga

### Montaje experimental

- Colocar la escala adherente en el tablero magnético.
- Colocar la polea grande arriba de la escala, en la mitad, la polea pequeña abajo, en la parte superior de la escala y, más abajo, el soporte.

- Enganchar un lazo de la cuerda en el soporte, retenerlo con el manguito de caucho y, después, pasarlo sobre la polea pequeña del polipasto. El polipasto se sostiene de manera que la polea pequeña se encuentra arriba.
- Después, llevar la cuerda por encima y colocarla por arriba de la polea pequeña, luego, llevarla de nuevo hacia abajo por encima de la polea grande del polipasto y, finalmente, por encima de la polea grande.
- Colgar el contrapeso con el tornillo regulador de ajuste y, dado el caso, aplicar plastilina para equilibrar la fuerza de peso del polipasto.

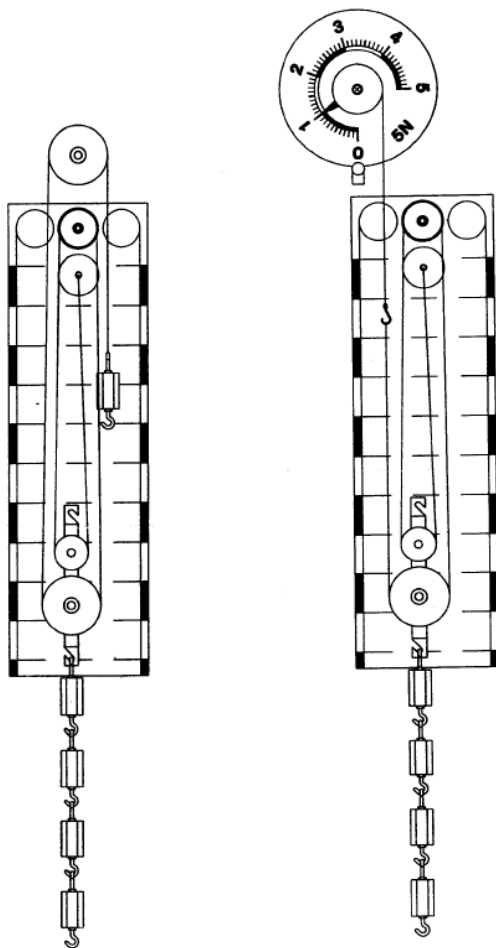


Fig. 18

Fig. 18 a

### Experimento

- Colgar en el lazo libre un cuerpo con gancho.
- Colgar del polipasto tantos cuerpos con ganchos como sean necesarios para que el aparato alcance el equilibrio.

Moviendo el polipasto hacia arriba y hacia abajo se puede comprobar si el aparato se encuentra en equilibrio en cada posición.

### Resultado

El aparato, con un total de 4 poleas, se encuentra en equilibrio si la fuerza del polipasto es 4 veces más grande que la fuerza que actúa en el extremo de la cuerda.

### Nota

En lugar de la polea grande se puede usar también un dinamómetro (Fig. 18b). Éste se coloca, en reemplazo de la polea grande, en el extremo superior del tablero magnético. En este caso, en primer lugar, se compensa la fuerza que proviene del propio peso del polipasto girando la escala. Al suspender pesos adicionales, por cada cuerpo con ganchos se aumenta la fuerza señalada en 0,25 N.

### 19. Fuerzas en el plano inclinado – análisis con el dinamómetro

#### Equipos

1. Dinamómetro
2. Plano inclinado
3. Rodillo
4. Palanca
5. 2 soportes
6. Plomada
7. 2 manguitos de caucho
8. Cuerda de nylon con lazos

#### Montaje experimental

- Colocar el plano inclinado en el tablero magnético que se encuentra en posición vertical y suspender la plomada de la parte superior del medidor de ángulos.
- En primer lugar, ajustar el ángulo en relación con la horizontal a  $10^\circ$ .
- Colocar el rodillo en el plano, de manera que se encuentre muy cerca del tablero magnético.
- Colgar el rodillo de uno de los lazos de la cuerda y pasarla sobre la polea y dirigirlo verticalmente hacia abajo hasta alcanzar el dinamómetro.
- Partiendo del extremo inferior izquierdo del plano inclinado, fijar la palanca horizontalmente en la quinta y décima apertura, partiendo desde la izquierda, por medio de manguitos de caucho.

La altura del plano inclinado se puede determinar como una distancia perpendicular de la palanca que se encuentra en posición horizontal, a partir del extremo inferior derecho del plano inclinado.



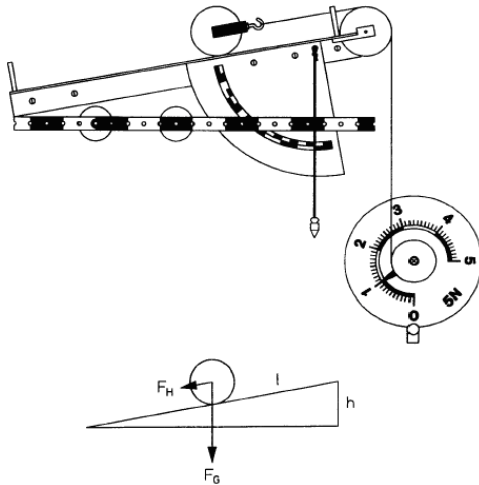


Fig. 19

### Experimento

- Aumentar el ángulo existente entre el plano inclinado y la horizontal, paso a paso, de 10° a 40°.
- Medir la altura del plano inclinado y la fuerza tangencial paralela al plano indicada por el dinamómetro y registrar los valores en la tabla.

Tabla

Altura $h$ en cm	Largo $l$ en cm	Fuerza tangenci al $F_H$ en N	Fuerza de peso $F_G$ en N	$\frac{h}{l}$	$\frac{F_H}{F_G}$

### Resultado

Mientras más elevada es la altura del plano inclinado, más grande es también la fuerza tangencial paralela al plano. Para la evaluación matemática se forman los cocientes de la fuerza tangencial  $F_H$  y la fuerza de peso  $F_G$  como también de la altura  $h$  y longitud  $l$  del plano inclinado (últimas dos columnas de la tabla). La comparación de los cocientes indica que es válido lo siguiente:

$$\frac{F_H}{F_G} = \frac{h}{l}$$

### Nota

1. La cuerda tensada que va desde la polea fija hacia el dinamómetro puede también ir por detrás de la polea, horizontalmente o en otro ángulo deseado. La única condición es que la cuerda esté cerca del rodillo y paralela al plano

inclinado. En particular, el montaje es muy fácil de comprender si la cuerda va desde el rodillo al dinamómetro en posición paralela con respecto al plano inclinado. Entonces, en cada cambio de la inclinación del plano, debe cambiar también la posición del dinamómetro.

2. El equilibrio en el plano inclinado se puede lograr también si en el extremo de la cuerda, en lugar del dinamómetro, se colocan pesas cuya fuerza de peso sea igual a la fuerza tangencial.

3. Si se cumplen los requisitos matemáticos, se puede incluir en la evaluación, en lugar de la altura y longitud, también el ángulo ( $F_H = F_G \cdot \sin \alpha$ ).

### 20. Fuerzas en el plano inclinado – análisis con los cuerpos con ganchos

#### Equipos

1. Plano inclinado
2. Rodillo
3. 4 cuerpos con ganchos
4. Palanca
5. 2 soportes
6. Plomada
7. 2 manguitos de caucho
8. Cuerda de nylon con lazos

#### Montaje experimental

- Colocar el plano inclinado en el tablero magnético vertical y colgar la plomada de la parte superior del medidor de ángulos.
- Primeramente, se debe alinear el plano inclinado en posición horizontal.
- Colocar el rodillo sobre el plano, de tal forma que se encuentre muy cerca del tablero.
- Colgar el rodillo de un lazo de la cuerda, hacer pasar el hilo sobre la polea y llevarlo verticalmente hacia abajo hasta alcanzar el dinamómetro.
- Fijar la palanca cerca y debajo del plano inclinado en dos soportes, en posición horizontal, en los orificios quinto y décimo, contando desde la izquierda. Fijar la abertura y sujetar con el manguito para impedir el deslizamiento.

La altura del plano inclinado se puede determinar como una distancia perpendicular de la palanca que se encuentra en posición horizontal, a partir del extremo inferior derecho del plano inclinado.

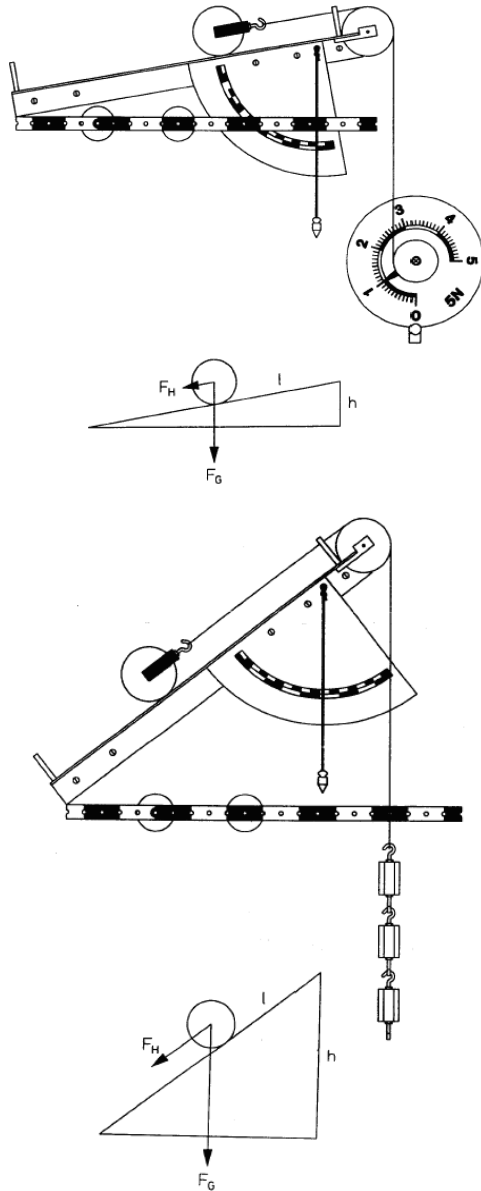


Fig. 20

### Experimento

- Colgar un cuerpo con ganchos del segundo lazo del gancho.
- En primer lugar, sostener el rodillo y aumentar la inclinación del plano hasta que el cuerpo con ganchos compense la fuerza tangencial del rodillo.
- Medir la altura del plano inclinado y registrarla en la tabla, junto con la longitud del plano, la fuerza de peso del rodillo y la fuerza de peso del cuerpo con gancho.
- A continuación, fijar dos cuerpos con ganchos al lazo y aumentar la inclinación del plano, hasta que nuevamente la fuerza de los pesos compense la fuerza tangencial del rodillo.
- Repetir el experimento con 3 y 4 cuerpos con ganchos.

Tabla

Altura $h$ en cm	Largo $l$ en cm	Fuerza tangencial $F_H$ en N	Fuerza de peso de cuerpos con gancho $F_G$ en N	$\frac{h}{l}$	$\frac{F_H}{F_G}$

### Resultado

Mientras más grande es la altura del plano inclinado, mayor es también la fuerza tangencial. Para la evaluación matemática se forman los cocientes de la fuerza tangencial  $F_H$  y la fuerza de peso  $F_G$  como también de la altura  $h$  y la longitud  $l$  del plano inclinado (últimas dos columnas de la tabla). Los cocientes son iguales:

$$\frac{F_H}{F_G} = \frac{h}{l}$$

### Nota

En lugar de los cuerpos con ganchos se puede utilizar un platillo de balanza muy liviano y pequeño. Así se puede aplicar cualquier ángulo de inclinación del plano. La fuerza tangencial se puede determinar también colocando pesos sobre el platillo.

## 21. Fricción de deslizamiento – análisis con el dinamómetro

### Equipos

1. Dinamómetro
2. Plano inclinado
3. Paralelepípedo de aluminio con 2 ganchos
4. 6 cuerpos con ganchos
5. Cuerda de nylon con lazos

### Montaje experimental

- Colocar el plano inclinado, en posición horizontal, sobre el lado izquierdo del tablero magnético.
- Poner el paralelepípedo de aluminio con 2 ganchos en la punta izquierda del plano inclinado de modo que quede apoyado sobre su superficie mayor.
- Fijar la cuerda con lazos en el gancho. Hacer pasar la cuerda sobre la polea fija, de

tal manera que se encuentre prácticamente en paralelo con el plano inclinado.

- Enganchar el segundo lazo en el punto de medición del dinamómetro.

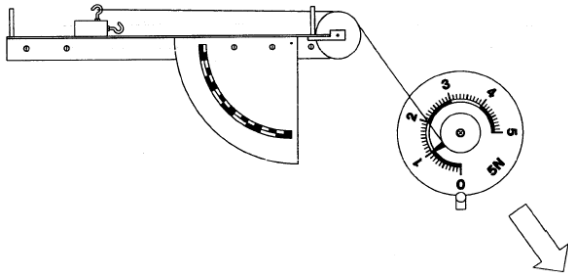


Fig. 21

### Experimento

- Mover el dinamómetro lentamente en dirección horizontal o en diagonal y hacia abajo, de tal forma que el paralelepípedo de aluminio se mueva uniformemente.
- Durante el movimiento, leer en el dinamómetro la fuerza de fricción.
- A continuación, poner el paralelepípedo de aluminio sobre la superficie más pequeña, con la misma estructura superficial y repetir el experimento.

Con la colocación de cuerpos con ganchos se puede agrandar paso a paso la fuerza de peso efectiva.

- Después, cubrir el plano inclinado con tiras de diferentes materiales (por ejemplo: madera, cartón, papel, plástico) y realizar el experimento de igual manera.

### Resultado

La fricción de deslizamiento depende del tipo de material que se desliza. Ésta aumenta proporcionalmente a la fuerza de peso del cuerpo deslizante. La fricción de deslizamiento es independiente del tamaño de la superficie friccionada.

### Nota

El coeficiente de la fricción de deslizamiento se lo puede determinar fácilmente formando el cociente de la fuerza de fricción de deslizamiento y la fuerza de peso del paralelepípedo. El lado delgado del paralelepípedo está cubierto con una capa de caucho. La comparación de las fuerzas en la misma superficie de fricción, con diferentes características, demuestra muy claramente la dependencia de la fricción del tipo de material friccionado.

## 22. Fricción de deslizamiento – análisis con las pesas

### Equipos

1. Plano inclinado
2. Paralelepípedo de aluminio con 2 ganchos
3. 2 cuerpos con ganchos
4. Plomada
5. Cuerda de nylon con lazos

### Montaje experimental

- Fijar el plano inclinado con poca inclinación en la parte superior del tablero magnético.
- Colgar la plomada de la parte superior del medidor de ángulos.
- En el extremo izquierdo del plano inclinado, colocar el paralelepípedo con 2 ganchos, de tal manera que se apoye sobre la mayor superficie.
- Colgar el lazo de la cuerda en el gancho que se dirige hacia la polea.
- Llevar la cuerda del modo más paralelo posible al plano inclinado por encima de la polea fija y cargar la otra punta de la cuerda con un cuerpo con gancho.

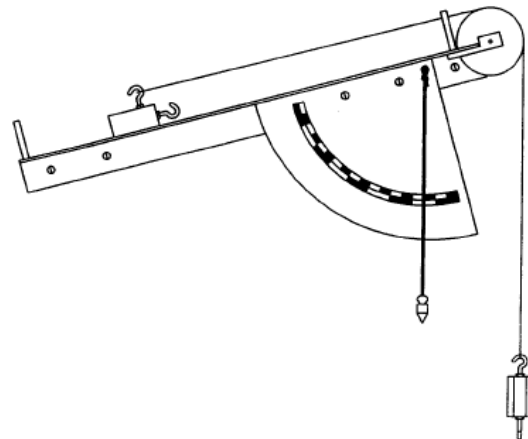


Fig. 22

### Experimento

- Repita el experimento después de colocar tiras de diferentes materiales (por ejemplo: madera, papel, plástico) en el plano inclinado.
- Disminuir la inclinación del plano hasta que el paralelepípedo se desplace con una velocidad constante sobre el plano después de recibir un ligero empujón.
- Determinar la inclinación del plano como medida para la fuerza necesaria.
- Repetir el experimento de la misma manera, después de apoyar el paralelepípedo sobre su superficie menor.

- Finalmente, aumentar paso a paso la fuerza con la que el paralelepípedo de aluminio presiona la base, colocando cuerpos con ganchos.
- Cubrir el plano inclinado con tiras de diferentes materiales (por ejemplo: madera, cartón, papel, plástico) y repetir los experimentos.

### Resultado

La fricción de deslizamiento es más grande mientras mayor es la fuerza de presión con la que el cuerpo actúa sobre la base. Depende de los materiales que cubren las superficies de deslizamiento. Con el mismo peso, la fricción es independiente del tamaño de la superficie de deslizamiento.

### Nota

1. La fuerza de fricción dinámica se puede determinar constatando cuán horizontal debe encontrarse el plano para que el cuerpo con ganchos empuje al paralelepípedo de aluminio hacia lo alto de la inclinación. Se la puede también determinar inclinando cada vez más el plano y estableciendo el ángulo en el cual el paralelepípedo de aluminio hala hacia arriba al cuerpo con gancho.
2. También es posible prescindir de los cuerpos con ganchos y de la cuerda. Se coloca el paralelepípedo de aluminio en el extremo superior del plano inclinado y se aumenta su inclinación hasta que este objeto, después de recibir un empujón leve, se deslice hacia abajo con una velocidad constante.
3. Con la inclinación del plano se transforma también la fuerza con la que el cuerpo presiona perpendicularmente sobre la base. Ésta es sólo igual a la fuerza de peso en el caso de un plano horizontal. Con un aumento cada vez mayor de la inclinación esta fuerza disminuye. En la evaluación, sin embargo, se asume que la fuerza es constante. Por eso con el experimento se logra solamente un valor estimativo de la dependencia de la fuerza de fricción.

## 23. Fricción estática

### Equipos

1. Dinamómetro
2. Plano inclinado
3. Paralelepípedo de aluminio con 2 ganchos
4. 6 cuerpos con ganchos
5. Cuerda de nylon con lazos

### Montaje experimental

- Fijar el plano inclinado en el lado izquierdo de la parte superior del tablero magnético.
- Situar en el extremo izquierdo el paralelepípedo de aluminio. Fijar la cuerda de uno de los ganchos y dirigirlo sobre la polea fija de manera que corra casi paralelamente al plano inclinado.
- Colocar el otro extremo del hilo en el punto de medición del dinamómetro.

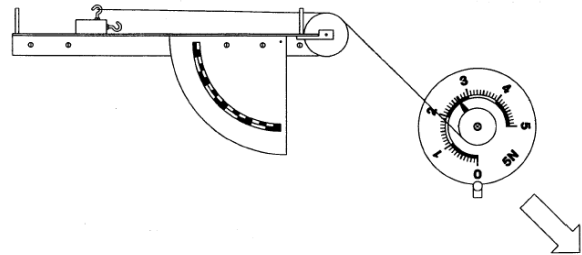


Fig. 23

### Experimento

- Mover el dinamómetro lentamente en dirección horizontal o en diagonal y hacia abajo. Al mismo tiempo, determinar la fuerza necesaria para poner al paralelepípedo de aluminio en movimiento.
- Repetir el experimento después de apoyar el paralelepípedo sobre una de sus superficies pequeñas.
- Finalmente, cubrir el plano inclinado con tiras de diferentes materiales (por ejemplo: madera, metal, cartón, plástico) y repetir el experimento.
- Seguidamente, cargar paso a paso el paralelepípedo de aluminio con cuerpos con ganchos y determinar siempre la fuerza necesaria para poner en movimiento al paralelepípedo.

### Resultado

La fricción de adherencia depende de los tipos de materiales que se deslizan entre sí. Ésta aumenta proporcionalmente a la fuerza de presión. La fuerza de fricción de adherencia, con igual fuerza de presión, es más grande en tanto sea mayor la superficie de fricción. En todo caso, la fuerza de fricción de adherencia es mayor que la fuerza de fricción de deslizamiento registrada en el experimento 21.

### Nota

En lugar del dinamómetro se puede fijar un cuerpo con ganchos al final de la cuerda. Es posible llegar a conclusiones sobre el valor de la

fuerza de fricción inclinando el plano (comparar con experimento 21). Sin embargo, también se puede prescindir de la cuerda si se elige una inclinación del plano que permita que el paralelepípedo de aluminio empiece a deslizarse. Además, es válida la indicación 3 del experimento 22.

#### 24. Fricción de rodadura

##### Equipos

1. Dinamómetro
2. Plano inclinado
3. Rodillo
4. Paralelepípedo de aluminio con 2 ganchos
5. 3 cuerpos con ganchos
6. Cuerda de nylon con lazos, larga

##### Montaje experimental

- Fijar el plano inclinado horizontalmente en la parte superior izquierda del tablero magnético.
- Situar en el extremo izquierdo del plano inclinado el rodillo y fijar en él un extremo de la cuerda.
- Hacer pasar la cuerda sobre la polea fija y fijarla en el dinamómetro, el cual se encuentra en el lado derecho del tablero, debajo del plano.

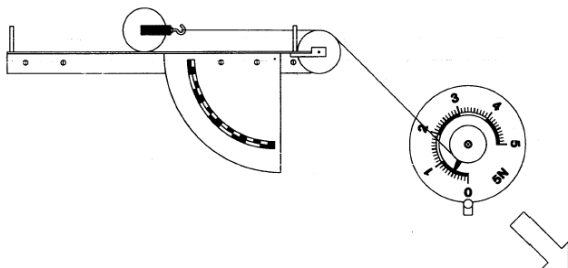


Fig. 24

##### Experimento

- Mover el dinamómetro lentamente hacia la derecha y hacia abajo. Al hacerlo, determinar la fuerza que es necesaria para que el rodillo se mantenga en movimiento.
- Después, sustituir el rodillo por el paralelepípedo de aluminio, el cual recibe la carga de 3 cuerpos con ganchos. Así, su fuerza corresponde al peso del rodillo.
- Con el mismo montaje determinar la fuerza necesaria para mantener el movimiento continuo del paralelepípedo.

#### Resultado

En comparación con la fricción de deslizamiento y la de adherencia, la fricción de rodadura es mucho más pequeña.

#### 25. Duración del ciclo de un péndulo de un hilo

##### Equipos

1. 3 cuerpos con ganchos
2. Soportes
3. Manguito de caucho
4. Estribo de latón
5. Escala adherente
6. Cuerda de nylon con lazos, larga
7. Cronómetro

##### Montaje experimental

- Fijar la escala adherente verticalmente en el tablero magnético.
- Colocar el soporte en el círculo medio del extremo superior de la escala y cubrir su extremo anterior con un manguito de caucho.
- Colocar el estribo de latón sobre el soporte.
- Colgar sobre cada uno de los extremos uno de los lazos de la cuerda y fijar ahí un cuerpo con gancho.

La longitud correspondiente se puede leer directamente en la escala. El extremo superior efectivo del péndulo se encuentra en la mitad del estribo de latón, al principio de la escala, el extremo inferior, en la mitad del peso.

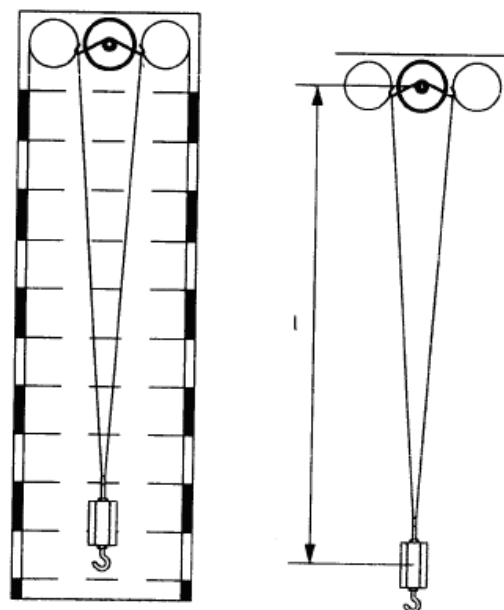


Fig. 25

## Experimento 1

### Relación entre la duración del ciclo y la masa del péndulo de hilo

- Desviar lateralmente la masa hasta el borde de la escala y soltarla.
- Determinar con el cronómetro el tiempo de 10 ciclos y registrarlo en la tabla.
- Después, en la cuerda, fijar en lugar del cuerpo con ganchos dos, y luego tres cuerpos con gancho, uno al lado del otro.
- Para cada caso determinar la duración del ciclo de 10 oscilaciones.
- Repetir los ensayos con una segunda longitud del péndulo (cuerda de otra longitud).

Tabla

Longitud $l$ en cm	Masa $m$ en g	Tiempo para 10 ciclos $t$ en s	Duración $T$ del ciclo en s

### Resultado

La duración del ciclo de un péndulo de hilo es independiente de la masa.

## Experimento 2

### Relación entre la duración del ciclo y el largo del péndulo

Se puede utilizar un cuerpo con ganchos como masa del péndulo. La longitud del péndulo debe ser de aproximadamente 50 cm.

- Desviar el cuerpo hasta el borde de la escala y soltarlo. Determinar el tiempo para 10 ciclos y registrarlo en la tabla.
- Reducir la longitud del péndulo a 40 cm. Además, fijar la cuerda a un lado del estribo de latón con un lazo fácilmente desatable.
- Determinar el tiempo para 10 ciclos y registrarlo en la tabla.
- A continuación, disminuir paso a paso la longitud del péndulo.
- Determinar en base al tiempo de 10 oscilaciones la duración del ciclo.
- Finalmente, calcular el cuadrado de la duración del ciclo y anotarlo en la última columna de la tabla.

Tabla

Longitud $l$ en cm	Tiempo para 10 ciclos $t$ en s	Duración $T$ del ciclo en s	Cuadrado de la duración del ciclo $T^2$ en $s^2$

### Resultado

Mientras más grande es la longitud del péndulo de hilo, mayor es también la duración del ciclo. Es válido:

$$T^2 \sim l$$

### Nota

1. En el primer experimento, debido a que se cuelgan uno tras otro dos o más cuerpos con gancho, el punto de gravedad se desplaza ligeramente hacia arriba. Para que la longitud del péndulo permanezca inalterable de un experimento a otro, dado el caso, es necesario colocar un pequeño pedazo de alambre (por ejemplo: de un sujetapapeles) entre el hilo y el cuerpo del péndulo.

2. El segundo experimento se lo puede tomar como la confirmación de la ecuación que determina la duración de oscilación de un péndulo de hilo:

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

Con la aplicación de la correspondiente longitud del péndulo  $l$  y de la aceleración de caída  $g$  se calcula la duración del ciclo. Esta concuerda con la duración del ciclo medido en cada experimento parcial.

## 26. Duración del ciclo de un péndulo de torsión

### Equipos

1. 3 cuerpos con ganchos
2. 3 resortes helicoidales
3. Soportes
4. Manguitos de caucho
5. Escala de adherencia
6. Cronómetro

### Montaje experimental

- Fijar la escala adherente en el tablero magnético y colocar un soporte en el extremo superior.
- Colgar el resorte y asegurarlo con un manguito de caucho.
- Colgar del extremo inferior del resorte un cuerpo con gancho.

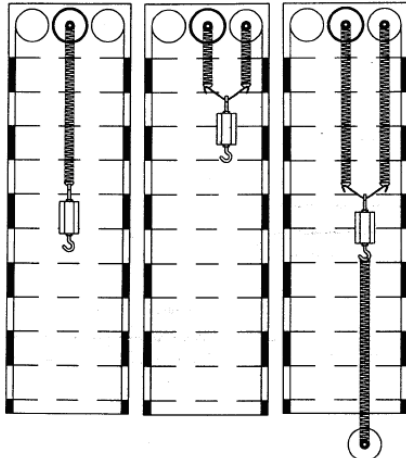


Fig. 26 a

Fig. 26 b

### Experimento 1

#### Relación entre el ciclo y la masa del péndulo de torsión

- Mover el cuerpo con ganchos verticalmente unos 5 centímetros y soltarlo.
- Determinar con el cronómetro el tiempo para 10 ciclos y registrarlo en la tabla.
- En lugar del cuerpo con gancho, fijar después dos y finalmente tres cuerpos, uno debajo del otro, en el resorte helicoidal.
- Para cada caso, determinar la duración del ciclo para 10 oscilaciones y registrar el valor en la tabla.
- Representar gráficamente el cuadrado de la duración del ciclo como función de la masa.

Tabla

Masa $m$ en g	Tiempo para 10 ciclos $t$ en s	Duración del ciclo $T$ en s	Cuadrado de la duración del ciclo $T^2$ en $s^2$

### Resultado

La duración del ciclo de un péndulo de torsión aumenta con la masa. Es válido:

$$T^2 \sim m.$$

### Experimento 2

#### Relación entre la duración del ciclo y la constante de muelle

- Colgar primeramente un resorte en el soporte y determinar la posición de su extremo inferior.
- Luego, colgar del resorte un cuerpo con ganchos y determinar su prolongación.
- Enseguida, colgar 2 resortes del soporte, uno debajo de otro, y determinar nuevamente su prolongación tras colgar un cuerpo con gancho.
- Repetir el experimento con 3 resortes.
- Para todos los tres casos, formar el cociente de la prolongación y de la fuerza activa y registrarlo en la tabla.
- En el caso de un resorte con un cuerpo con gancho, se produce un desvío vertical de unos 5 cm, a continuación, soltar el cuerpo con ganchos y establecer el tiempo para 10 ciclos.
- Repetir el experimento para los otros dos montajes (2 resortes y 3 resortes).
- Registrar los tiempos en la tabla.
- Representar gráficamente el cuadrado de la duración del ciclo a través del cociente entre la variación de la longitud y fuerza.

Tabla

Número de resortes	Fuerza $F$ en N	Constante de muelle $k$ en N/cm	Tiempo para 10 ciclos $t$ en s	Duración del ciclo $T$ en s	Variación de longitud $l$ en cm
1	100				
2	100				
3	100				

### Resultados

El cociente entre la fuerza y la prolongación de un resorte caracteriza su resistencia (constante de muelle  $k = F/l$ ). Mientras más grande es la constante de muelle, más pequeña es la duración del ciclo.

Es válido:

$$T^2 \sim \frac{l}{k}$$

### Nota

1. ¡Para determinar exactamente la proporcionalidad entre  $T^2$  y  $l/k$ , es necesario tener en

cuenta las fuerzas de peso de los resortes colgados y las variaciones de longitud correspondientes!

2. En el experimento 2 se pueden también montar más resortes, junto entre sí. De esta manera disminuye la constante de muelle. La fijación de dos resortes, uno junto a otro, es fácil de realizar colocando dos soportes juntos, y fijando en cada uno de ellos un resorte. Se une el extremo inferior de ambos resortes con un estribo de latón, en el cual se sujetan los cuerpos con ganchos (ver Fig. 26a).

3. Los dos experimentos se pueden aplicar para confirmar la ecuación de la duración del ciclo de un péndulo de torsión.

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

En este caso, se introduce la masa  $m$  y la constante de muelle  $k$  en la ecuación y, a partir de ello, se calcula la duración del ciclo. Ésta concuerda, en cada experimento parcial, con la duración de ciclo medido.

4. También se puede variar la constante de muelle si se coloca en el gancho inferior del cuerpo con ganchos otro resorte helicoidal, cuyo extremo inferior se sostenga en un soporte adicional (ver Fig. 26b).

## 27. Resonancia de dos péndulos de torsión

### Equipos

1. 4 cuerpos con ganchos
2. Palanca
3. 2 resortes helicoidales
4. 2 soportes
5. 2 manguitos de caucho
6. Escala de adherencia
7. 2 ganchos de latón

### Montaje experimental

- Fijar verticalmente la escala adherente en el tablero magnético y colocar un soporte a la altura de su extremo superior derecho y otro en el izquierdo.
- Asegurar cada uno de los soportes con un manguito de caucho y colocar la palanca de plano por encima. Elegir la distancia de los soportes de manera que se pueda utilizar casi toda la longitud de la palanca.
- En el centro de la palanca, por medio de los ganchos de latón, a una distancia de 2 orificios, asegurar los dos resortes helicoidales y colgar de cada uno de ellos 2 cuerpos con ganchos.

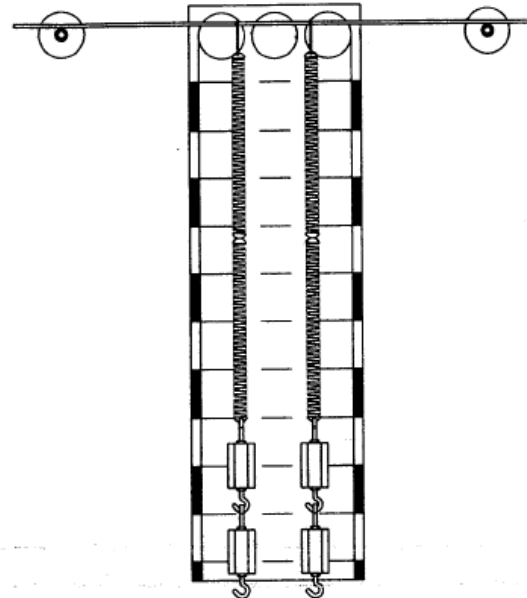


Fig.27

### Experimento

- Estirar verticalmente y hacia abajo el extremo inferior de uno de los dos resortes en unos 5 centímetros y soltarlo.

Al oscilar, el péndulo transmite su energía poco a poco al segundo péndulo, el mismo que empieza a oscilar con una amplitud siempre creciente. Finalmente, el primer péndulo descansa. A continuación, la energía retorna al primer péndulo de torsión.

### Resultado

En los péndulos acoplados, de igual frecuencia, se realiza un repetitivo y completo traslado de energía de un péndulo a otro.