Carácter Vectorial de la Fuerza

I. Objetivos

1. Mostrar que la Fuerza es una cantidad vectorial.
2. Caracterizar el estado de equilibrio traslacional de un sistema.
3. Determinar el valor de dos masas desconocidas por medio de un método estadístico.

II. Problema

Considere el sistema mostrado en la figura 1. Los cuerpos identificados con las letras A y C tienen respectivamente masas desconocidas m_a y m_c ,mientras que el cuerpo B tiene una masa conocida m_b, el sistema se encuentra en equilibrio. Los cuerpos A y B están atados a los extremos de una cuerda ligera, la cual se apoya a su vez en dos poleas que giran sobre ejes sin fricción. Se quiere determinar la masa respectiva de los cuerpos A y C por medio de un análisis vectorial de la fuerza, para comprobar el carácter vectorial de la misma.

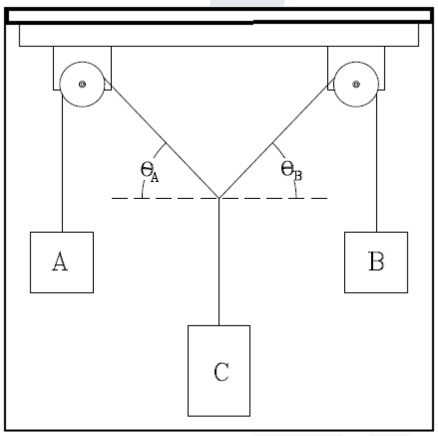


Figura 1: Sistema constituido por tres cuerpos que se mantienen en equilibrio traslacional

III. Marco Teórico

La fuerza es una cantidad vectorial que caracteriza las interacciones de los cuerpos cuantificando la acción ejercida por uno sobre el otro a través de los efectos producidos tanto en la forma como en el estado de movimiento, por eso es que las fuerzas no siempre causan movimiento. Por ejemplo, cuando está sentado, sobre su cuerpo actúa una fuerza gravitacional y aún así usted permanece fijo. Como segundo ejemplo, puede empujar (en otras palabras, ejercer una fuerza) sobre una gran roca y no ser capaz de moverla. La fuerza es una cantidad vectorial. Por lo tanto, para describir una fuerza vectorial $\vec{F}$ debemos indicar su dirección de acción y su magnitud.

La fuerza de tirón ejercida por una cuerda o por un cordel estirado sobre un objeto al cual se ata se llama fuerza de tensión. La fuerza de atracción gravitacional que la Tierra ejerce sobre un cuerpo se llama peso del cuerpo.

La primera ley del movimiento de Newton dice que si un cuerpo sobre el que no actúa una fuerza neta se mueve con velocidad constante (que puede ser cero) y aceleración cero. La tendencia de un cuerpo a seguir moviéndose una vez iniciado su movimiento es resultado de una propiedad llamada inercia, si el cuerpo está inicialmente en reposo, sigue en reposo; y si se está moviendo, sigue moviéndose en la misma dirección con rapidez constante. Estos resultados muestran que, en la primera ley de Newton, una fuerza neta de cero equivale a ninguna fuerza.

El efecto de cualquier cantidad de fuerzas aplicadas a un punto de un cuerpo es el mismo de una sola fuerza igual a la suma vectorial de las fuerzas. Éste es el importante principio de superposición de fuerzas. Cualquier fuerza puede ser sustituida por sus vectores componentes, actuando en el mismo punto. Suele ser más conveniente describir una fuerza en términos de sus componentes $\hat{x}$ y $\hat{y}$, F_x y F_y en vez de sus vectores componentes, para esto nos valdremos de un diagrama de fuerzas que es una representación en el plano cartesiano de todas las fuerzas que actúan en un objeto.

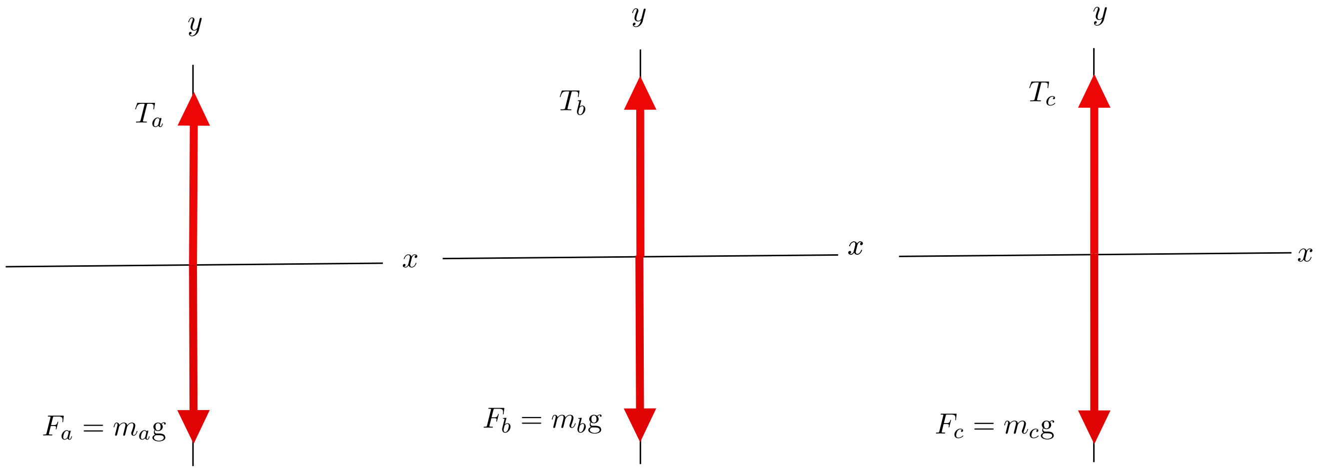
Cuando tenemos mas de una fuerza cuya linea de acción pasan por un mismo origen se dice que tenemos fuerzas concurrentes, la suma de las fuerzas concurrentes se le llama fuerza neta. Cuando un cuerpo está en reposo o se mueve con velocidad constante (en línea recta con rapidez constante), decimos que el cuerpo está en equilibrio. Para que esté en equilibrio, sobre un cuerpo no deben actuar fuerzas, o deben actuar varias fuerzas cuya resultante, es decir, la fuerza neta sea cero:

$$\sum \vec{F} = 0 \tag{1}$$

Para que esto se cumpla, cada componente de la fuerza neta debe ser cero, así que:

$$\sum F_x = 0 \qquad \sum F_y = 0 \tag{2}$$

Con todo lo dicho anteriormente, ahora volvemos a nuestro problema original, aplicando un diagrama de fuerza para la masa m_a, m_b, m_c:



(a) diagrama de fuerzas para la m_a (b) diagrama de fuerzas para la m_b (c) diagrama de fuerzas para la m

Figura 2: Diagrama de fuerzas para cada masa del sistema

Ya que estamos en equilibrio entonces, $\sum F_y = 0$, aplicando esto en la nuestros diagramas de fuerzas anteriores obtenemos lo siguiente:

$$T_a = m_a\, g \qquad T_b = m_b\, g \qquad T_c = m_c\, g \tag{3}$$

Ahora Aplicaremos el diagrama de fuerzas para el punto en el cual concurren las cuerdas:

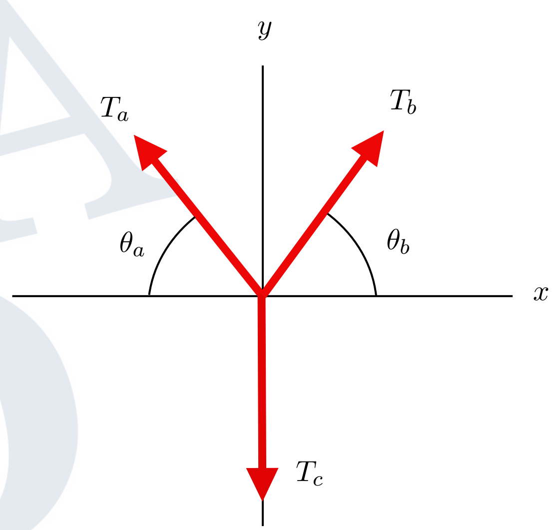


Figura 3: Diagrama de fuerzas para el punto en el cual concurren las cuerdas.

Considerando que nuestro sistema esta en equilibrio es decir que $\sum F_x = 0$, $\sum F_y = 0$ y utilizando nuestro conjunto de ecuaciones (3) llegamos al siguiente conjunto de ecuaciones (cabe mencionar que el factor de gravedad g se cancela):

$$\sum F_x = -m_a\, \cos\theta_a + m_b\, \cos\theta_b = 0 \tag{4}$$

$$\sum F_x = -m_c + m_a\, \sin\theta_a + m_b\, \sin\theta_b = 0 \tag{5}$$

Si se toma la ecuación (4) y se despeja para $m_b \cos\theta_b$, se obtiene:

$$m_b \cos\theta_b = m_a \cos\theta_a \tag{6}$$

La ecuación (6) muestra que si, se mide: m_b, θ_b, θ_a, aplicando el método de regresion lineal sin intercepto se puede determinar m_a. Si se toma la ecuación (5) y se despeja para $m_b \sin\theta_b$, se obtiene:

$$m_b \sin\theta_b = -m_a \sin\theta_a + m_c \tag{7}$$

La ecuación (7) muestra que si, se conoce: θ_a, θ_b y m_b, aplicando el método de regresión lineal con intercepto se puede determinar los valores de: m_a y m_c.

IV. Montaje Experimental

Materiales y Equipo

- 1 Sistema estático ME-9502
- 1 Tablero estático
- 1 Disco de Fuerza
- 1 Set de Masa y Portamasa ME-8979
- 2 Poleas
- 1 Hilo

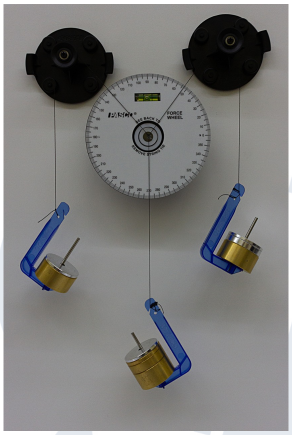


Figura 4: Montaje del experimento

Preparación

- Corte 3 pedazos de hilo de igual tamaño e introdúzcalos en el disco de plastico pequeño que está en el disco de fuerza.
- Hacer un nudo en la parte posterior disco pequeño y colocarlo en el disco de fuerza.
- Atar en el extremo de las cuerdas un portamasa.
- Sacar las 2 poleas y el tablero estático.
- Colocar el disco de fuerza y las poleas en el tablero, estos se pegan al tablero a través de un imán que hay en la parte de atrás.
- Hacer que el hilo pase sobre la polea.

V. Procedimiento Experimental

1. Armar el montaje de la Figura 4.
2. Colocar en portamasa de la izquierda una cantidad de masa cualquiera m_a (desconocida).
3. Colocar en portamasa del medio una cantidad de masa cualquiera m_c (desconocida).
4. Formar un ángulo θ_a de entre 0 y 10°con la polea del lado izquierdo este ángulo se mide de 180°a hasta donde esta la cuerda.

5. Empezar a mover la polea de la derecha a un ángulo θ_b cualquiera y llenar el portamasa derecha m_b, de tal manera que el disco pequeño del disco de fuerza quede centrado. Ese es el momento cuando el sistema esta en equilibrio traslacional.
6. Registrar el ángulo θ_a en la Tabla 1 este ángulo es el formado desde 180 hasta donde esta el hilo de la izquierda , asegúrese que el portamasa de en medio este a 270°
7. Registrar el ángulo θ_b y la masa m_b en la Tabla 1; el ángulo θ_b es el formado desde 0 hasta donde esta el hilo de la derecha , asegúrese que el portamasa de en medio este a 270°.
8. Repetir los pasos 4 al 7, solo ir aumentando el angulo θ_a, hasta obtener 8 mediciones.
9. Medir el valor de las masas m_a y m_c con la balanza y anotarlas en el cuadro 2.
10. Anotar el valor de referencia dado por el fabricante de las masas m_a y m_c en m_{aref}, m_{bref}

VI. Tabla de Datos

n	1	2	3	4	5	6	7	8
m_b (g)								
θ_b (°)								
θ_a (°)								

Tabla 1: Registro de datos del método regresión lineal

$$\delta\theta_a = 1^\circ \qquad \delta\theta_b = 1^\circ$$

Medida	Valor Central	Incertidumbre
$m_{a,ref}$		
$m_{c,ref}$		

Tabla 2: Registro de datos del la medicion directa de las masa m_a y m_c

VII. Tratamiento de Datos Experimentales

Método de Regresión Lineal Sin Intercepto

1. Realizar un gráfico en una hoja de papel milimetrado de $m_b \cos\theta_b$ vs $\cos\theta_a$.

2. Utilizando la ecuación (6) y realizando la siguiente linealización

$$\underbrace{m_b \cos\theta_b}_{y_i} = \underbrace{m_a}_{a} \underbrace{\cos\theta_a}_{x_i}$$

Realice una regresión en Excel y reporte las cantidades: $\bar{a}$ y Δa

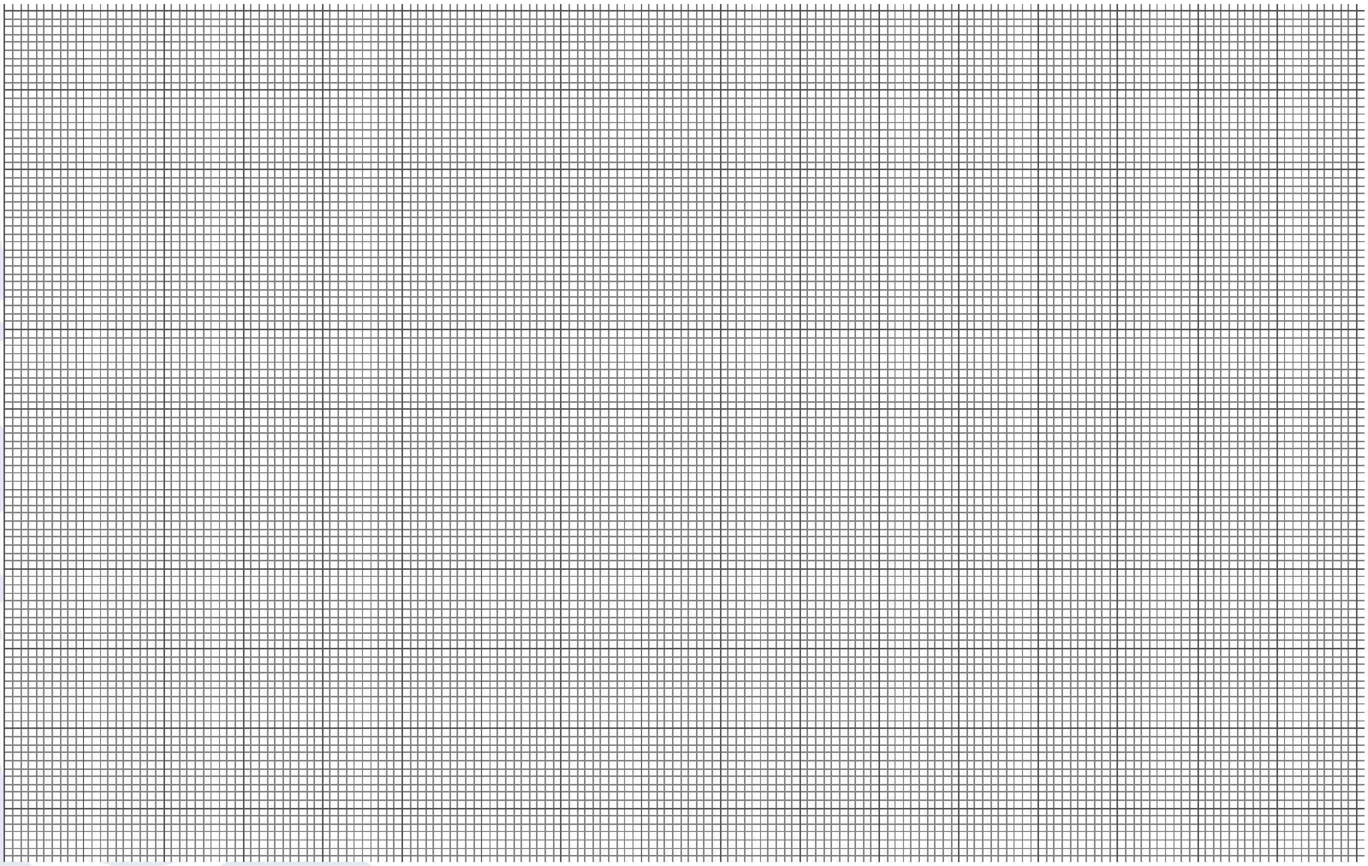
3. Reporte correctamente el valor de la masa m_a:

$$m_{a,1} = \bar{a} \pm \Delta a$$

4. Gráfique en la misma hoja milimetrada la función de regresión lineal encontrada en el inciso 2, es decir, $f(x_i) = \bar{a}\,x$.

Método de Regresión Lineal Con Intercepto

1. Realice un gráfico en una hoja de papel milimetrado de $m_b \sin\theta_b$ vs $\sin\theta_a$.



2. Utilizando la ecuación (7) y realizando la siguiente linealización

$$\underbrace{m_b \sin\theta_b}_{y_i} = \underbrace{-m_a}_{m}\,\underbrace{\sin\theta_a}_{x_i} + \underbrace{m_c}_{b}$$

Realice una regresión en Excel y reporte las cantidades: $\bar{m}$, Δm, $\bar{b}$ y Δb

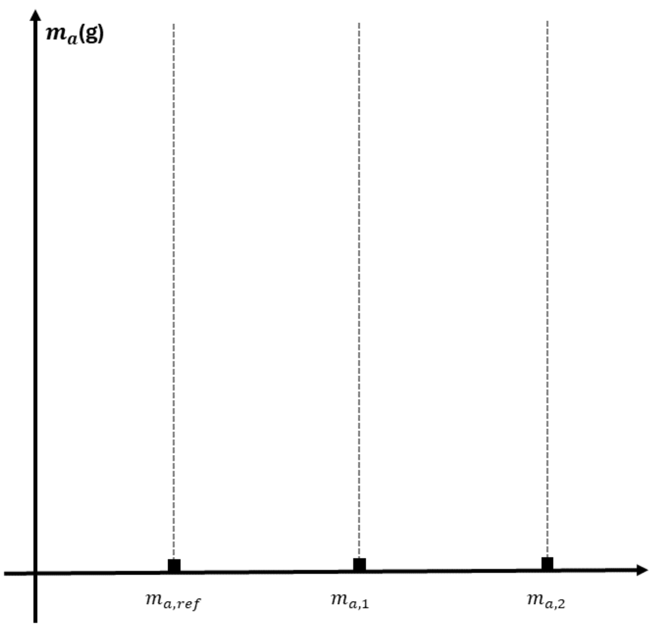
3. Reporte el valor de la masa m_a y de la masa m_c :

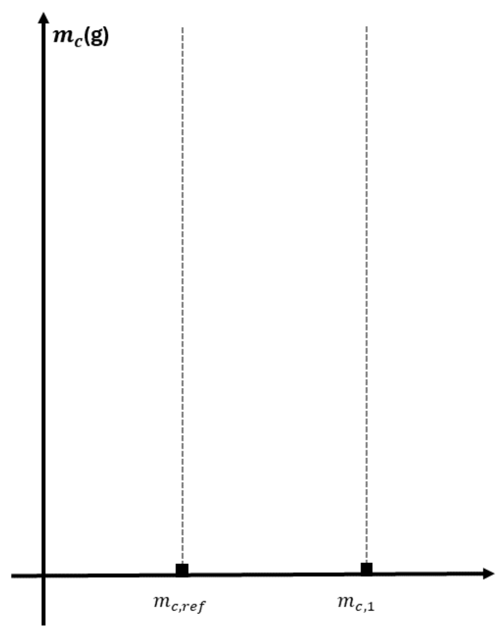
$$m_{a,2} = \bar{m} \pm \Delta m \qquad\qquad m_c = \bar{b} \pm \Delta b$$

4. Gráfique en la misma hoja milimetrada la función de regresión lineal encontrada en el inciso 2, es decir, $f(x_i) = \bar{m}\,x + \bar{b}$.

Errores Porcentuales y Gráficos

1. Construya un gráfico de discrepancia para m_a y m_c, comparando los valores encontrados con el método de regresión lineal con $m_{a,ref}$ y $m_{c,ref}$.





2. Calcule el error porcentual para las masas m_a y m_c respectivamente, tanto para el método de regresión lineal sin intercepto y con intercepto.

$$\%\epsilon_1 = \frac{|\bar{m}_{a,1} - m_{a,ref}|}{m_{a,ref}} \times 100 \qquad \%\epsilon_2 = \frac{|\bar{m}_{a,2} - m_{a,ref}|}{m_{a,ref}} \times 100 \qquad \%\epsilon_3 = \frac{|\bar{m}_c - m_{c,ref}|}{m_{c,ref}} \times 100$$

3. Calcule el incertidumbre porcentual para las masas m_a y m_c.

$$I_{p1} = \frac{\Delta m_{a,1}}{\bar{m}_{a,1}} \times 100 \qquad I_{p2} = \frac{\Delta m_{a,2}}{\bar{m}_{a,2}} \times 100 \qquad I_{p3} = \frac{\Delta m_c}{\bar{m}_c} \times 100$$

VIII. Análisis de Resultados

1. ¿Cómo se comparan los valores obtenidos de las masas m_a y m_c con respecto al dato referencia?

2. ¿Qué dificultades encontró a la hora de medir los ángulos θ_a y θ_b?

3. Con base a sus resultados obtenidos ¿Considera que se obtuvieron resultados precisos y exactos? Justifique su respuesta.

4. ¿Introduce error el movimiento de los portamasas a las mediciones?

5. ¿Que cambios haría al experimento para mejorar los resultados finales en exactitud y precisión? ¿Se presentó alguna dificultad durante la realización del experimento?

6. ¿Se corrobora el carácter vectorial de la fuerza con este experimento? Explique.

IX. Conclusiones

Redacte 3 conclusiones, las cuales debe de basarse en los objetivos planteados en la practica, en base con sus resultados,tabla de datos, tratamientos de datos y análisis de resultados.

-
-
-

Referencias

A. Serway, Raymond y Jr. John W. Jewett (2010). *Física para Ciencias e Ingeniería*. 7.ª ed. Vol. 1. Cengage Learning.

D. Halliday R. Resnick, J. Walker y J.H. Romo (2001). *Fundamentos de Física*. 12.ª ed. Vol. 1. Continental.

F.W. Zemansky, Young M.W Sears y Freedman R.A. (2009). *Física Universitaria: Con Física Moderna*. 12.ª ed. Vol. 1. Addison-Wesley.