

Práctica 4: Equilibrio de fuerzas

OBJETIVOS

- Emplear la mesa de fuerzas para estudiar los conceptos de fuerza resultante, fuerza equilibrante y ley de inercia.
- Comparar los valores de la fuerza resultante y equilibrante, medidos experimentalmente, con los valores arrojados por el método analítico y discutir las posibles discrepancias entre los resultados.

MATERIALES

- Mesa de fuerzas
- Dinamómetro
- Pesas de diferentes valores
- Cuerdas de masa despreciable
- Balanza electrónica

1. INTRODUCCIÓN

1.1. CÁLCULO TEÓRICO DE UN VECTOR RESULTANTE

1.1.1. MÉTODO DEL PARALELOGRAMO. Este método es útil cuando se pretende obtener la magnitud de la resultante de la suma de dos vectores. Si dos vectores se colocan en un origen común, éstos forman un ángulo θ entre ellos (figura 1). Se construye un paralelogramo trazando un par de paralelas a los vectores y que pasen por el extremo del otro vector. La magnitud de la resultante será medida de la diagonal que pase por el origen común de los vectores (O).

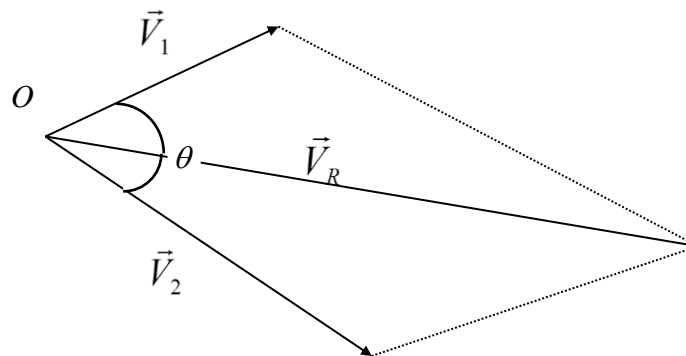


Figura 1. Método gráfico para obtener la resultante de dos vectores.

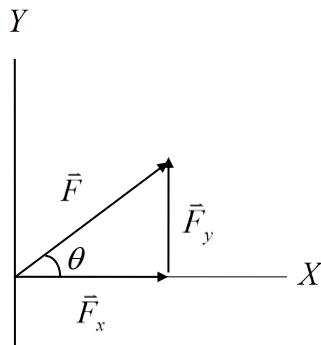
Por geometría (ley de cosenos) se encuentra que la magnitud de V_R está dada por:

$$V_R = \sqrt{(V_1^2 + V_2^2 + 2.V_1.V_2.Cos\theta)} \quad (1)$$

donde V_1 y V_2 son las magnitudes de \vec{V}_1 y \vec{V}_2 .

1.1.2. MÉTODO DE DESCOMPOSICIÓN TRIGONOMÉTRICA. Todo vector puede expresarse como la suma de varios vectores en otras direcciones. Puede entonces descomponerse un vector en la suma de dos vectores perpendiculares.

Sea por ejemplo, \vec{F} un vector cuya dirección es θ (con respecto a la dirección horizontal). El vector \vec{F} puede expresarse como la suma de \vec{F}_x y \vec{F}_y (ver figura 2).



Por trigonometría se encuentra que:

$$F_x = F.Cos\theta$$

$$F_y = F.Sen\theta$$

Figura 2. Descomposición del vector F en sus componentes rectangulares.

Si se tienen varios vectores, pueden sumarse escalarmente todas las componentes en la dirección X y, separadamente todas las componentes en la dirección Y (ver figura 3).

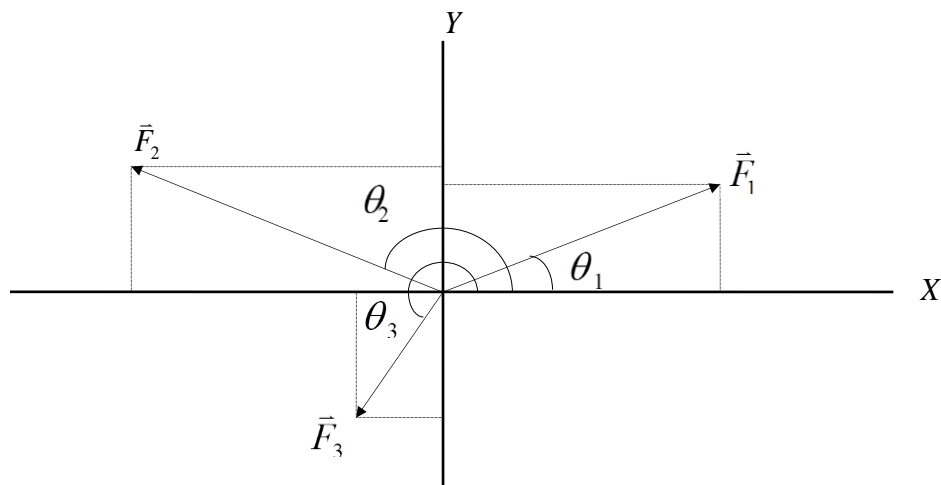


Figura 3. Descomposición de un conjunto de vectores en componentes rectangulares.

Si \vec{R} es la resultante de $\vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3$ se tiene entonces:

$$\begin{aligned} R_x &= F_1 \cdot \cos \theta_1 + F_2 \cdot \cos \theta_2 + F_3 \cdot \cos \theta_3 \\ R_y &= F_1 \cdot \sin \theta_1 + F_2 \cdot \sin \theta_2 + F_3 \cdot \sin \theta_3 \end{aligned} \quad (2)$$

y por lo tanto la magnitud de \vec{R} está dada por:

$$R = \sqrt{(R_x^2 + R_y^2)} \quad (3)$$

La dirección de la resultante es:

$$\theta_R = \tan^{-1} \left(\frac{R_y}{R_x} \right) \quad (4)$$

Para obtener el valor del ángulo θ_R se debe tener en cuenta el cuadrante en el que finalmente se encuentra la resultante de los vectores sumados.

1.2. MEDIDA EXPERIMENTAL DE UNA FUERZA RESULTANTE

Sobre un cuerpo pueden aplicarse varias fuerzas de tal forma que éste permanezca en reposo o se mueva con velocidad constante. Por ejemplo, si dos hombres tratan de empujar un camión sobre una carretera horizontal, el camión permanecerá en reposo. Así mismo, la fuerza hecha por el motor de un automóvil puede equilibrarse con la fuerza de fricción del pavimento con las llantas y la fricción de los engranajes, resultando un movimiento con velocidad constante. En tales situaciones se dice que hay un equilibrio de fuerzas, es decir, la fuerza neta o resultante sobre el cuerpo es nula:

$$\sum \vec{F} = 0, \quad (5)$$

donde la expresión anterior es una suma vectorial.

Supóngase que sobre un cuerpo actúan un par de fuerzas \vec{F}_1 y \vec{F}_2 , como se muestra en la figura 4. Estas dos fuerzas dan como resultante una tercera fuerza \vec{F}_R . Si se quiere equilibrar el sistema bastará con aplicar una fuerza de igual magnitud pero en sentido contrario a la fuerza resultante de la suma $\vec{F}_1 + \vec{F}_2$. Esta será la fuerza equilibrante (\vec{F}_E) y de esta manera se cumplirá la ecuación (5).

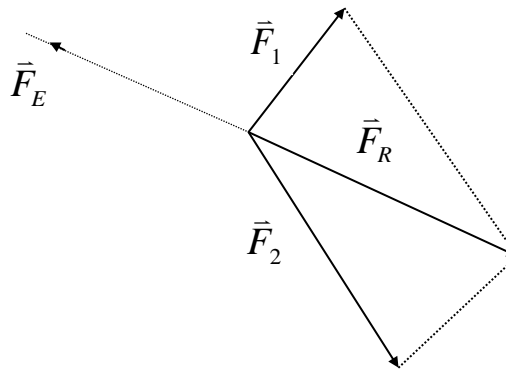


Figura 4. Fuerza resultante y fuerza equilibrante.

La medición experimental de la fuerza resultante \vec{F}_R puede hacerse indirectamente tomando con un dinamómetro el valor de la magnitud de la fuerza que equilibra a $\vec{F}_1 + \vec{F}_2$ (fuerza equilibrante). La magnitud de la resultante será la misma medida del dinamómetro, su dirección también será la misma que la de \vec{F}_R , pero su sentido será contrario, esto es:

$$\theta_R = \theta_E + 180^\circ \quad (6)$$

donde θ_R y θ_E son las direcciones de las fuerzas resultantes y equilibrante respectivamente.

2. PROCEDIMIENTO E INFORME

El profesor asignará a cada grupo de trabajo un problema particular para cada una de las secciones de la práctica. Se debe tener experimentalmente la fuerza equilibrante del sistema de fuerzas dado (pesas) y calcular teóricamente la resultante.

La mesa de fuerzas dispone de una escala angular que posibilita la medida de los ángulos con los que se aplican las fuerzas sobre una argolla. La magnitud de la fuerza equilibrante se lee directamente en el dinamómetro.

Asegúrese de que su montaje se realice de tal forma que las fuerzas aplicadas sobre la argolla estén todas sobre un mismo plano horizontal.

2.1. FUERZAS PERPENDICULARES

La tabla 1 muestra algunos conjuntos de fuerzas que deben aplicarse **perpendicularmente** sobre la argolla para encontrar la fuerza equilibrante con el dinamómetro. Verificar en la balanza el valor de m_1 y m_2 en cada caso y considerar los valores reales incluyendo la incertidumbre de la balanza.

Tabla 1. Valores de las masas m_1 y m_2 utilizadas en las diferentes mesas de trabajo.

MESA	$m_1(\text{g})$	$F_1(\text{N})$	$m_2(\text{g})$	$F_2(\text{N})$
1	50		70	
2	70		100	
3	70		90	
4	50		100	
5	100		120	

La magnitud de la fuerza F que cada masa ejerce sobre la argolla es el peso de dicha masa, esto es:

$$F = mg, \quad g = 9.8 \text{ m/s}^2 \quad (7)$$

Convierta las masas a kg y utilice la ecuación (7) para hallar las fuerzas F_1 y F_2 solicitadas en la tabla 1.

2.1.1. Equilibre el sistema de fuerzas y anote la magnitud de la fuerza equilibrante leyendo directamente su valor en el dinamómetro.

2.1.2. Lea sobre la plantilla graduada el ángulo de la fuerza equilibrante.

2.1.3. Con los datos anteriores obtenga la magnitud y la dirección (experimental) de la fuerza resultante $\vec{F}_1 + \vec{F}_2$.

2.1.4. Realice **teóricamente** el problema $\vec{F}_1 + \vec{F}_2$ (método del paralelogramo) y encuentre la *magnitud* y la *dirección* de la resultante.

2.1.5. Calcule el porcentaje de error del método experimental tanto para la magnitud de la fuerza resultante como para su dirección. Utilice la expresión:

$$\% \text{ Error} = \left| \frac{\text{Valor}(\text{teorico}) - \text{Valor}(\text{experimental})}{\text{Valor}(\text{teorico})} \right| \times 100\%$$

2.2. FUERZAS NO PERPENDICULARES

La tabla 2 da una lista de la cual se debe asignar un problema a cada una de las mesas de trabajo. Coloque cada una de las fuerzas de su problema en la dirección correspondiente. Convierta las masas a Kg y calcule las fuerzas correspondientes en Newtons utilizando la ecuación (7).

Tabla 2. Valores de las masas y los ángulos utilizadas en las diferentes mesas de trabajo.

MESA	$m_1(g), \theta$	$F_1(N)$	$m_2(g), \theta$	$F_2(N)$
1	50, 30°		70, 240°	
2	70, 40°		100, 150°	
3	70, 100°		90, 260°	
4	50, 60°		100, 320°	
5	100, 10°		120, 120°	

- 2.2.1. Repita para su problema de $\vec{F}_1 + \vec{F}_2$ los numerales 2.1.1., 2.1.2. y 2.1.3.
- 2.2.2. Resuelva el problema $\vec{F}_1 + \vec{F}_2$ por medio de la descomposición trigonométrica.
- 2.2.3. Calcule el porcentaje de error para la magnitud y la dirección de la fuerza resultante.
- 2.2.4. Incluya en su informe los diagramas de fuerza correspondientes a los problemas asignados.
- 2.2.5. ¿Qué efecto(s) no considerado(s) en las ecuaciones de la fuerza resultante serían los principales responsables de las discrepancias entre las fuerzas y las direcciones medidas experimentalmente y aquellas obtenidas por cálculos teóricos?
- 2.2.6. ¿Permiten los resultados de esta práctica concluir que la primera ley de Newton (Ley de Inercia) se cumple? Justifique su respuesta.

LABORATORIO DE FISICA I: PRÁCTICA 4

HOJA DE RESPUESTAS: PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

MESA No. _____

INTEGRANTES: _____

1. Fuerzas Perpendiculares

1.1. En la Tabla 1, reportar los pares de fuerzas utilizados en la primera parte de la práctica. Verificar en la balanza el valor de m_1 y m_2 en cada caso y considerar los valores reales incluyendo la incertidumbre de la balanza.

Tabla 1.

$m_1(\text{g})$	$F_1(\text{N})$	$m_2(\text{g})$	$F_2(\text{N})$

1.2. Escribir la magnitud y dirección (experimental) de la fuerza resultante $\vec{F}_E = \vec{F}_1 + \vec{F}_2$ en cada caso:

1.3. Escribir la magnitud y dirección (teórica) de la fuerza resultante $\vec{F}_T = \vec{F}_1 + \vec{F}_2$ en cada caso:

1.4. Calcular el porcentaje de error del método experimental tanto para la magnitud de la fuerza resultante como para su dirección, para cada par de fuerzas, utilizando la expresión:

$$\% \text{ Error} = \left| \frac{\text{Valor}(\text{teorico}) - \text{Valor}(\text{experimental})}{\text{Valor}(\text{teorico})} \right| \times 100\%$$

2. Fuerzas No Perpendiculares

2.1. En la Tabla 2, reportar los pares de fuerzas utilizados en la segunda parte de la práctica.

Tabla 2.

$m_1(g), \theta$	$F_1(N)$	$m_2(g), \theta$	$F_2(N)$

2.2. Escribir la magnitud y dirección (experimental) de la fuerza resultante $\vec{F}_E = \vec{F}_1 + \vec{F}_2$ en cada caso:

2.3 Escribir la magnitud y dirección (teórica) de la fuerza resultante $\vec{F}_T = \vec{F}_1 + \vec{F}_2$ en cada caso:

2.4 Calcular el porcentaje de error del método experimental tanto para la magnitud de la fuerza resultante como para su dirección, para cada par de fuerzas, utilizando la expresión:

$$\% \text{ Error} = \left| \frac{\text{Valor}(\text{teorico}) - \text{Valor}(\text{experimental})}{\text{Valor}(\text{teorico})} \right| \times 100\%$$

2.5 Dibujar los diagramas de fuerza correspondientes a los pares de fuerza utilizados

2.6 ¿Qué efecto(s) no considerado(s) en las ecuaciones de la fuerza resultante serían los principales responsables de las discrepancias entre las fuerzas y las direcciones medidas experimentalmente y las obtenidas mediante los cálculos teóricos?

2.7 ¿Permiten los resultados de esta práctica concluir que la primera ley de Newton (Ley de Inercia) se cumple? Justifique su respuesta.

Comentarios/Sugerencias/Causas de error/Conclusiones