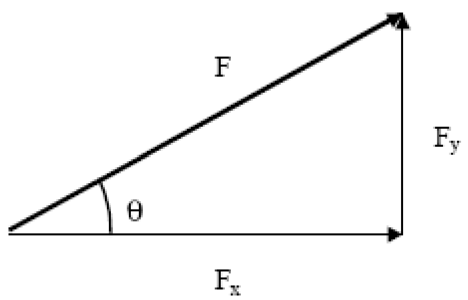
Mesa de fuerzas
Referencia: QLB002

Descripción

Se utiliza para verificar las leyes de composición y resolución de fuerzas utilizando diagramas vectoriales de varias fuerzas concurrentes. Consta de una mesa circular de aluminio grueso, de unos 40 cm de diámetro, con un revestimiento epoxi negro resistente a los arañazos. El borde exterior elevado de la mesa tiene una escala circular graduada de 0 a $360^{o}\times1^{o}$, y marcada cada 10^{o}. La mesa está montada sobre una base de trípode de metal fundido, pesada y estable, a través de un tubo metálico, y la base tiene tres tornillos de nivelación. También se incluyen cuatro poleas en abrazadera que pueden fijarse en cualquier parte del borde. Un pasador desmontable, colocado en el centro de la mesa, indica el equilibrio de fuerzas a través del centrado del anillo, atado a las cuerdas que llevan las masas y suspendidas a través de las poleas, alrededor de la misma. Se suministra completo con juego de cuerdas atadas a los aros, pasador central y 4 juegos de masas ranuradas con colgador, cada juego tiene un colgador de 100g y masas de 10, 20, 50 y 100g, una de cada una.

Suma de fuerzas

Las fuerzas forman parte de un grupo de magnitudes conocidas como vectores, que se distinguen de los números regulares (conocidos como escalares) por el hecho de que un vector tiene dos propiedades asociadas, una magnitud y una dirección (relacionadas con un eje de coordenadas del sistema con el que se está tratando). Estas propiedades caracterizan completamente a un vector. Un vector puede describirse alternativamente especificando sus componentes vectoriales. En el caso del sistema de coordenadas cartesianas (el sistema que trataremos principalmente) hay dos componentes, la componente x y la componente y. Estas dos propiedades también caracterizan completamente a un vector. Los vectores, y en el caso de este laboratorio, los vectores de fuerza, pueden representarse pictóricamente mediante una flecha que apunta en la dirección de acción de la fuerza, con una longitud proporcional a la fuerza (magnitud).



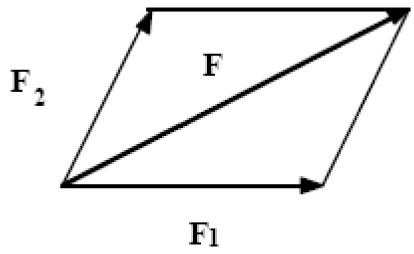
Los componentes F_x and F_y en las direcciones *x/y* del vector *F* están relacionadas con la magnitud *F* y el ángulo ϑ por:

$$F_x = Fcos\theta \;\; and \;\; F_y = Fsin\theta$$

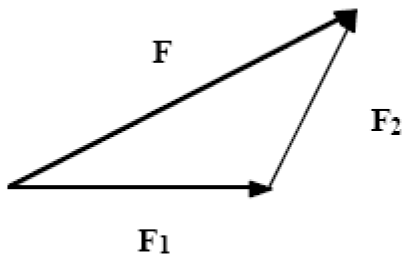
Por el contrario

$$F = \sqrt{F_x^2 + F_y^2} \;\; and \; \theta = \arctan\left(\frac{F_y}{F_x}\right)$$

Cuando varias fuerzas actúan sobre un punto, su suma puede obtenerse según las reglas del álgebra vectorial. Gráficamente, la suma de dos fuerzas F = F1 + F2 puede hallarse mediante la regla del paralelogramo ilustrada en la Fig. 2 o, de forma equivalente, mediante el método de cabeza a cola ilustrado en la Fig. 3.



Parallelogram Rule

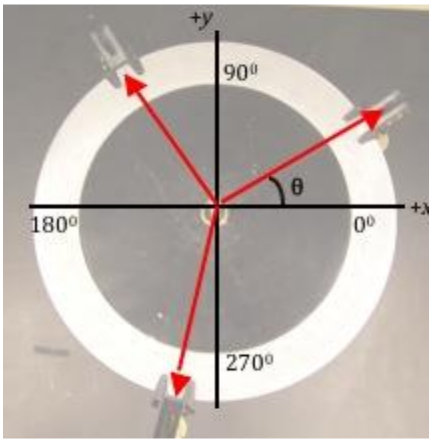


Head-to-Tail Method

La suma de los vectores también puede obtenerse analíticamente sumando sus componentes.

Condición de equilibrio

Un objeto está en equilibrio traslacional cuando la suma vectorial de todas las fuerzas que actúan sobre él es cero. En este experimento vamos a estudiar el equilibrio traslacional de un pequeño anillo sobre el que actúan varias fuerzas en un aparato conocido como mesa de fuerzas. Este aparato permite hacer incidir sobre el pequeño anillo las fuerzas de gravedad que actúan sobre varias masas (F = mg). Estas fuerzas se ajustan hasta alcanzar el equilibrio del anillo. A continuación, sumarás las fuerzas de forma analítica, sumando sus componentes, y de forma gráfica, dibujando los vectores y determinando si se suman a cero mediante las reglas de suma de vectores de fuerza indicadas anteriormente.



Experimento para estudiar el equilibrio de fuerzas

Materiales requeridos:

- Mesa de fuerzas
- Polea
- Colgador de peso
- Juego de pesas
- Cuerda
- Anillo

Otros materiales requeridos:

- Tijeras
- Nivel
- Papel cuadriculado
- Lápiz
- Regla
- Transportador
- Calculadora

Montaje:

1. Fije las tres patas en los soportes de la parte inferior del tablero atornillándolas.
2. Introduzca el pasador en el orificio del centro de la mesa hasta que quede al ras de la parte inferior de la misma.
3. Compruebe el anillo central para asegurarse de que está liso y sin bordes afilados (la cuerda debe poder deslizarse suavemente sobre el anillo sin engancharse).
4. Ate la cuerda con lazos sobre la anilla para permitir que se deslice libremente alrededor de la anilla.
5. Fije las poleas al disco en los lugares deseados (puede ser necesario moverlas durante el experimento).

6. Asegúrese de que la cuerda es lo suficientemente corta para que cuando el anillo se coloque en el poste central, los colgadores no toquen el suelo.
7. Enderece la cuerda para que no se enrede ni se cruce. Coloque la cuerda sobre las poleas como se muestra en el diagrama.
8. Coloque el nivel sobre el tablero y ajuste las patas hasta que la mesa quede perfectamente nivelada.

Procedimiento

Equilibrio de fuerzas

1. Sobre la mesa de fuerzas coloque dos poleas y un colgador con el mismo peso, orientadas en direcciones opuestas (180° de diferencia de ángulo).
2. La fuerza de cada uno será igual a $F_{grav} = m \times g$. Compruebe si las dos fuerzas son iguales y opuestas examinando el anillo situado en el centro de la mesa, que no debe moverse.
3. Observe que si se suman las componentes de los vectores asociados a estas fuerzas, el vector resultante tendrá magnitud cero. Así se determina que todas las fuerzas están en equilibrio.
4. Ahora añada una masa pequeña en uno de los colgadores y compruebe el equilibrio.
5. Encuentre la masa máxima que se puede colocar en el colgador 2 y seguir manteniendo el equilibrio experimental.

Cálculo analítico

1. En este experimento se tendrán tres fuerzas en equilibrio. Dos fuerzas serán conocidas y la tercera se determinará, primero de forma analítica empleando la teoría de los vectores, y después de forma experimental. Para ello, mantenga $\vec{A}$ en 0° durante el transcurso del experimento.
2. Note que si las fuerzas $\vec{A}$ y $\vec{B}$ son conocidas y que si cuando $\vec{C}$ se añade al sistema hace que las dos fuerzas estén en equilibrio, entonces $\vec{C}$ es de igual magnitud pero en dirección opuesta a la suma $(\vec{A} + \vec{B})$.
3. Calcule la magnitud de $\vec{A}$ y $\vec{B}$. Use el hecho de que $F_{grav} = m * g$ y que 1 Newton es la unidad de fuerza igual a kg*m*s^{-2}
4. Usando la teoría de los vectores, calcule de qué magnitud sería $\vec{C}$ si fuera la suma $(\vec{A} + \vec{B})$.
5. Usando la teoría de los vectores, calcule qué ángulo tendría $\vec{C}$ si fuera la suma $(\vec{A} + \vec{B})$.

Experimento

1. Ponga las dos fuerzas sobre la mesa, manteniendo $\vec{A}$ en 0° y $\vec{B}$ en 120°, y coloque igual masa en ambos colgadores.
2. Coloque una tercera polea en un ángulo en el cual usted espera que el sistema alcance el equilibrio.
3. Ponga la tercera fuerza $\vec{C}$ añadiendo pesos y cambiando el ángulo hasta que se alcance el equilibrio.
4. Repita para diferentes masas.
5. Determine la diferencia porcentual del resultado analítico calculando $\frac{experimental\ result}{theoratical\ result} \times 100$

Cálculos

Tabla 1

S.No.	A		B	
	Masa	Ángulo	Masa	Ángulo

Tabla 2

S.No.	Magnitud $\vec{A}$ (N)	Magnitud $\vec{B}$ (N)	Ángulo $\vec{B}$ (°)	Magnitud $\vec{C}$ (N)	Ángulo $\vec{C}$ (°)

Tabla 3

S.No.	Magnitud experimental $\vec{C}$ (N)	Magnitud analítica $\vec{C}$ (N)	Diferencia (%)	Ángulo experimental $\vec{C}$ (°)	Ángulo analítico $\vec{C}$ (°)	Diferencia (%)

Precaución: Las poleas no tienen que estar extremadamente apretadas, sólo lo suficiente para que no se caigan. Si están demasiado apretadas, pueden dañar la mesa de fuerzas. No coloque el anillo en el poste ni la cuerda en las poleas en este momento.

Nota: De forma similar se puede trabajar con un sistema de 4 fuerzas en equilibrio.

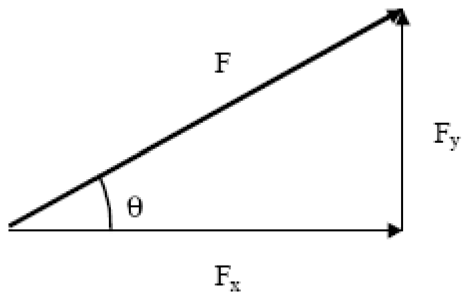
Force Table
Code: QLB002

Description

Used for verifying the laws of composition and resolution of forces utilizing vector diagrams of several concurrent forces. Comprising a thick aluminium circular table, about 40cm in diameter and finished with scratch resistant black epoxy coating. Raised outer rim of the table has circular scale graduated 0 to $360^{o}\times1^{o}$ and marked every 10^{o}. Table mounted on a heavy, stable cast metal tripod base through a metal pipe, with base having three leveling screws. Also included are four pulleys in clamp that can be attached anywhere along the rim. A detachable pin, positioned at the center of the table indicates the balancing for forces through the centering of ring, tied to the strings carrying masses and suspended through the pulleys, around it. Supplied complete with set of strings tied to the rings, center pin and 4 sets of slotted masses with hanger, each set having one hanger 100g and masses 1 each of 10, 20, 50 and 100g.

Addition of forces

Forces are one of a group of quantities known as vectors, which are distinguished from regular numbers (known as scalars) by the fact that a vector has two quantities associated with it, a magnitude and a direction (related to a coordinate axis of the system you are dealing with). These properties completely characterize a vector. A vector may alternatively be described by specifying its vector components. In the case of the Cartesian coordinate system (the system we will be primarily dealing with) there are two components, the x-component and y-component. These two properties also completely characterize a vector. Vectors, and in the case of this lab, force vectors, can be represented pictorially by an arrow pointing in the direction of action of the force, with a length proportional to the strength (magnitude) of the force.



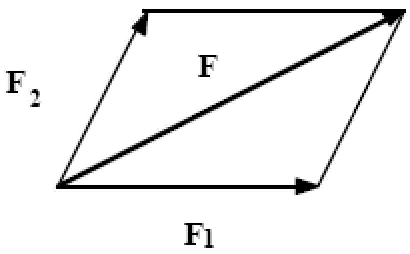
The components F_x and F_y in the x and y directions of the vector F are related to the magnitude F and angle ϑ by:

$$F_x = F\cos\theta \quad and \quad F_y = F\sin\theta$$

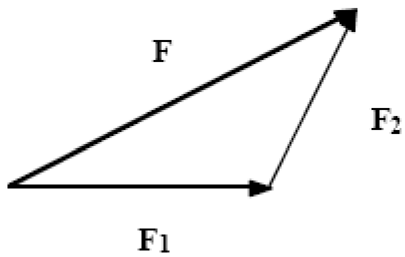
Conversely

$$F = \sqrt{F_x^2 + F_y^2} \quad and\ \theta = \arctan\left(\frac{F_y}{F_x}\right)$$

When several forces act on a point, their sum can be obtained according to the rules of vector algebra. Graphically, the sum of two forces $F = F_1 + F_2$ can be found by using the *parallelogram rule* illustrated in Fig. 2 or, equivalently, by the *head-to-tail method* illustrated in Fig. 3.



Parallelogram Rule

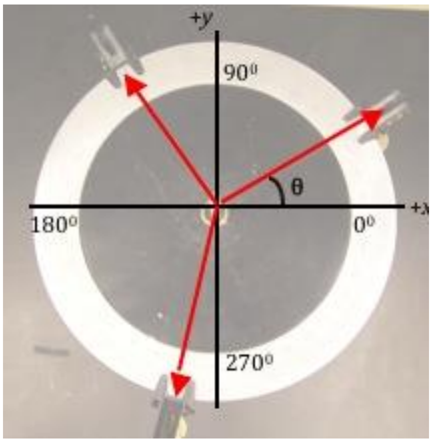


Head-to-Tail Method

The sum of the vectors can also be derived analytically by adding their components:

Condition of equilibrium

An object is in translational equilibrium when the vector sum of all the forces acting on it is zero. In this experiment we shall study the translational equilibrium of a small ring acted on by several forces on an apparatus known as a force table. This apparatus enables one to cause the forces of gravity acting on several masses ($F = mg$) to be brought to bear on the small ring. These forces are adjusted until equilibrium of the ring is achieved. You will then add the forces analytically by adding their components and graphically by drawing the vectors and determining if they add to zero using the rules for the addition of force vectors listed above.



Experiment to study equilibrium of forces.

Components Required:

- Force Table
- Pulley
- Weight hanger
- Weight set
- String
- Ring

Other components required:

- Scissors
- Level
- Graph paper
- Pencil
- Ruler
- Protractor
- Calculator

Set up:

1. Attach the three legs into the brackets on the underside of the tabletop by screwing.
2. Push the pin into the hole in the center of the table until it is flush with the bottom of the table.
3. Check the center ring to make sure it is smooth and free of sharp edge (the string should be able to slide smoothly over the ring without catching).
4. Tied the string with loops over the ring to allow the string to slide freely around the ring.
5. Attach the pulleys to the disk at the desired locations (may need to move them during the experiment).

6. Make sure the string is short enough so that when the ring is placed on the center post, the hangers do not touch the floor.
7. Straighten the string out so they are not tangled or crossed over each other. Lay the string over the pulleys, as shown in the diagram.
8. Place the level on the tabletop and adjust the leveling feet on the legs until the table is level.

Procedure

Balance Forces

1. On the force table, set up two pulleys and hanger with same weigh, facing opposite directions (180° difference in angle).
2. The force of each will be equal to $F_{grav} = m \times g$. Check whether the two forces are equal and opposite by examining the ring at the center of the force table, which should not move.
3. Notice that if the components of the vectors associated with these forces are added, the resultant vector will have zero magnitude. This is how to determine that all forces are in equilibrium.
4. Now add little mass on one hanger and check equilibrium.
5. Find the maximum mass one can place in hanger 2 and still maintain experimental equilibrium.

Analytical Calculation

1. This experiment will consist of three forces in equilibrium. Two forces will be known, while the third will be found first analytically, using the theory of vectors, and then experimentally. For this, keep $\vec{A}$ at 0° for the duration.
2. Note that if $\vec{A}$ and $\vec{B}$ are known and $\vec{C}$ when added to the system, causes the two forces to be in equilibrium, then $\vec{C}$ is of equal magnitude but in the opposite direction to the sum $(\vec{A}+\vec{B})$
3. Calculate the magnitude of $\vec{A}$ and $\vec{B}$. Use the fact that $F_{grav} = m * g$ and that 1 Newton is a unit of force equal to $kg*m*s^{-2}$
4. Using the theory of vectors, calculate what magnitude $\vec{C}$ would be if it was the sum $(\vec{A}+\vec{B})$
5. Using the theory of vectors, calculate what angle $\vec{C}$ would be if it was the sum $(\vec{A}+\vec{B})$.

Experiment

1. Set up the two forces on the force table keeping $\vec{A}$ at 0° and $\vec{B}$ at 120° and place equal mass on both hangers.
2. Place a third pulley at some angle at which you expect the system to balance
3. Set up the third force $\vec{C}$ by adding weights and changing the angle until equilibrium is reached.
4. Repeat the step for different masses.
5. Determine the percent difference from the analytical result by calculating $\frac{experimental\ result}{theoratical\ result} \times 100$

Calculation

Table 1

S.No.	A		B	
	Mass	Angle	Mass	Angle

Table 2

S.No.	Magnitude $\vec{A}$ (N)	Magnitude $\vec{B}$ (N)	Angle $\vec{B}$ (°)	Magnitude $\vec{C}$ (N)	Angle $\vec{C}$ (°)

Table 3

S.No.	Experimental magnitude $\vec{C}$ (N)	Analytical magnitude $\vec{C}$ (N)	Difference (%)	Experimental Angle $\vec{C}$ (°)	Analytical angle $\vec{C}$ (°)	Difference (%)

Precaution: The pulleys do not have to be attached extremely tight, only tight enough to keep them from falling off. If they are too tight, they can damage the force table. Do not put the ring on the post or the string on the pulleys at this time!

Note: Similarly we can work with a system of four forces in equilibrium.