

TORQUE

Experimento 1.

Objetivo:

Estudiar los torques producidos por fuerzas perpendiculares al brazo de palanca.

Fundamento teórico:

En experiencias anteriores se calcularon fuerzas resultantes y equilibrantes para fuerzas concurrentes, es decir, aquellas fuerzas que actúan en un mismo punto. Sin embargo, en la realidad las fuerzas generalmente no son concurrentes. Por ejemplo en la figura 1, dos ñaves espacialesö están arrastrando un ñasteroideö desde diferentes puntos del mismo.

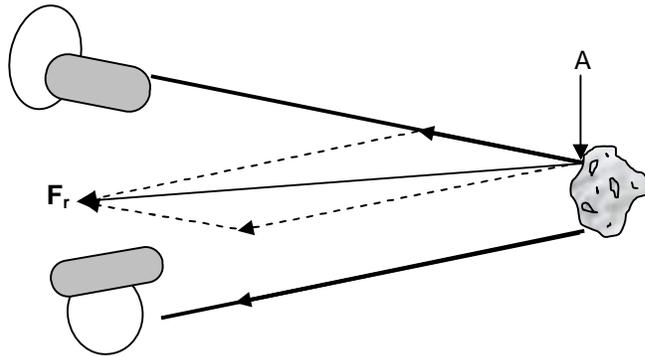


Figura 1. Sistema de fuerzas

Respecto a este hecho se podrían sugerir dos interrogantes:

- ¿ En qué dirección se acelerará el asteroide?
- ¿Girará el asteroide?

Si ambas cuerdas de remolque fuesen atadas a un punto A, la fuerza resultante sería el vector Fuerza, F_r . De hecho F_r apunta en la dirección en la cual se acelerará el asteroide. Sin embargo, ¿Qué se puede decir acerca de la segunda interrogante? ¿Girará el asteroide?. Mediante este primer experimento, se iniciará el estudio de los tipos de fuerzas que producen rotación en los cuerpos, descubriéndose el concepto físico Torque.

Experimento 2.

Objetivo:

Aplicar la expresión general de torque ($\tau = r \times F$) para diferentes fuerzas.

Fundamento Teórico:

En el experimento anterior se investigó sobre los torques aplicados a la barra de equilibrio y se determinó que cuando se compensaban los torques respecto al punto de rotación, el brazo permanecía nivelado. Sin embargo en ese experimento todas las fuerzas eran perpendiculares a la barra de equilibrio. ¿Qué pasa entonces, cuando una o más fuerzas no son perpendiculares a la barra?

El torque en su expresión general viene dado por la ecuación:

$$\tau = r \times F \quad (1)$$

donde F es la fuerza aplicada y r es vector dirigido desde el eje de rotación hasta el punto de aplicación de la fuerza. La magnitud del vector torque puede calcularse mediante la ecuación:

$$\tau = rF \sin \theta \quad (2)$$

siendo θ es el ángulo que existe entre r y F (vea la Figura 2).

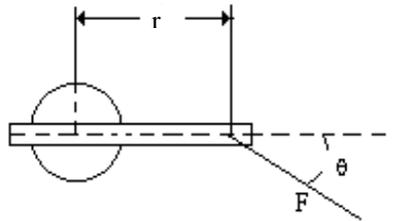


Figura 2. Relación vectorial de las magnitudes físicas que originan un torque en un sistema

Cuando en un sistema físico se aplican dos o más fuerzas que originan torques, el Torque neto vendría ser la diferencia entre la resultante de la sumatoria de los torques que causan rotación en sentido horario, y la resultante de la sumatoria de los torques que causan rotación en sentido antihorario. Para que el sistema este en equilibrio la suma de los torques en sentido horario debe ser igual a la suma de los torques en sentido antihorario.

Rueda de torque

La rueda de torque es un mecanismo formado por un disco el cual puede girar alrededor de un eje que pasa su centro y además está montado sobre una base magnética (vea la figura 3a). Dicho disco

posee también varios orificios donde pueden insertarse clavijas, las cuales sirven de soporte para la aplicación de fuerzas.

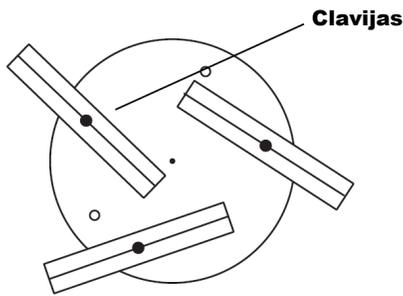


Figura 3a. Rueda de torque

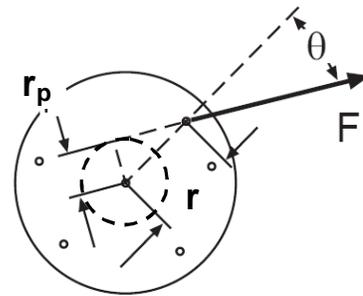


Figura 3b. Utilizando la rueda de torque

Esta rueda proporciona un método fácil para lograr alcanzar el equilibrio entre varios torques. Por ejemplo, la figura 5b muestra una fuerza F aplicada a la rueda de torque a un cierto ángulo respecto a r . El torque se puede calcular como:

$$= F \cdot r \cdot \text{sen } \theta$$

sin embargo, $r \cdot \text{sen } \theta$, es precisamente la componente perpendicular de r (r_p), respecto a la dirección de F .

La rueda de torque trae implícito un patrón de circunferencias concéntricas espaciadas 2 mm una de otra, lo cual constituye una escala radial de longitudes. Dado que en una circunferencia el radio siempre es perpendicular a la tangente, el valor de r_p se puede leer directamente el sobre la rueda, ubicando la circunferencia a la cual es tangente la dirección de la fuerza aplicada.

Equipos e Instrumentos:

- Tablero de experimentación.
- Barra de equilibrio con sujetadores y soporte magnético
- Colgadores de pesas
- Transportador con base magnética
- Pesas calibradas
- Barra de equilibrio con sujetadores
- Rueda de torque con indicadores
- Dinamómetro
- Hilo
- Regla graduada o vernier
- Nivel de burbuja
- Polea

PROCEDIMIENTO

Parte 1.

1. Con la ayuda de un nivel de burbuja, trace una línea horizontal sobre el tablero de experimentación y realice el montaje como se muestra en la figura 4.

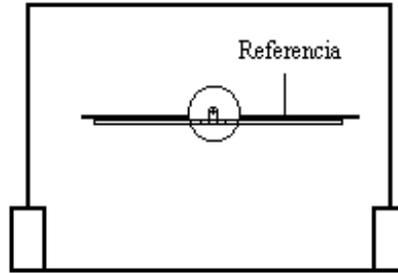


Figura 4. Montaje del sistema

2. Ajuste la barra en el soporte del pivote hasta que la misma permanezca horizontalmente en equilibrio. Use la línea marcada como referencia.

Sugerencia: marque cuidadosamente la posición de la barra junto al soporte para cerciorarse de algún corrimiento de la misma.

3. Inserte un sujetador, un colgador y una pesa de 50 gramos en cada uno de los extremos de la barra, (mida previamente la masa de cada sujetador y de cada colgador) vea la figura 5.

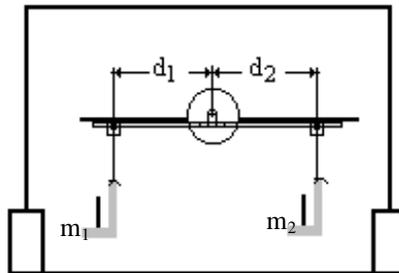


Figura 5. Esquema del sistema

4. Desplace los colgadores hasta el punto medio de cada brazo de la barra y equilibre el sistema.
5. Mida la distancia desde cada colgador hasta el eje de rotación y determine la sumatoria de torques del sistema.
6. Adicione una pesa de 10 gramos a m_2 y equilibre el sistema reubicando dicho colgador. Determine nuevamente la sumatoria de torques.
7. Cambie el valor de m_2 (por lo menos 3 veces más) y en cada caso, equilibre el sistema y determine la sumatoria de torques.
8. Adicione un tercer colgador con su respectiva pesa del mismo lado donde se encuentra m_2 . ¿Qué relación debería de existir entre m_1 , m_2 y m_3 con el fin de equilibrar el sistema?

Preguntas:

- ¿De acuerdo con los resultados, qué relación matemática debería existir entre m_1 y m_2 con el fin de balancear la barra?
- Además de F_1 y F_2 existe una fuerza adicional sobre la barra de equilibrio. ¿Qué tipo de torque se origina en el eje de rotación de la barra por el empuje hacia arriba del pivote?

PARTE 2.

1. Retire los sujetadores plásticos de la barra de equilibrio y ajuste hasta que la misma este perfectamente balanceada. (vea la figura 6)
2. Use un colgador de pesas y el dinamómetro y una polea para aplicar las fuerzas F_1 y F_2 , como se muestra en la figura 6a.

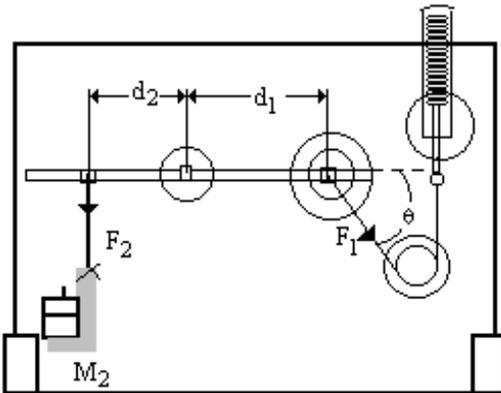


Figura 6a. Esquema del sistema

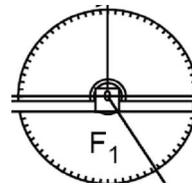
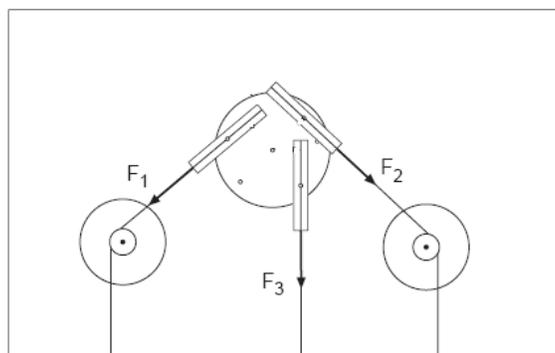


Figura 6b. Detalle en el sujetador

Nota: invierta el sujetador plástico que une la cuerda con el dinamómetro, de manera que el centro del transportador se encuentre justo detrás del centro de dicho sujetador, lo cual mejora la medición del ángulo. Vea la figura 6b.

3. Mida d_1 y d_2 y anote sus resultados.
4. Anote el valor de la masa M_2 y la magnitud de la fuerza F_2 . Use estos valores para calcular el torque producido por esta fuerza respecto al pivote de la barra de equilibrio.
5. Moviendo la polea, ajuste la dirección de F hasta fijar un ángulo $= 80^\circ$. Mueva el dinamómetro acercándolo o alejándolo de la polea, con el fin de equilibrar la barra. Anote la lectura en el dinamómetro.
6. Determine el torque producido por F_1 y por F_2 respecto al pivote, con su respectiva incertidumbre y compare.
7. Fije el ángulo de F_1 para valores de 70° , 60° , 50° y 40° . Para cada ángulo, balancee la barra de equilibrio y calcule la sumatoria de torques.
8. Instale la rueda de torque como se muestra en la Figura 7, use poleas y colgadores de masas para aplicar tres torques sobre la rueda.



9. Determine la magnitud de las Fuerzas y la distancia desde el punto de rotación hasta las fuerzas aplicadas.
10. Calcule el torque para cada fuerza e indique el sentido de cada torque
11. Sume algebraicamente los torques en sentido horario y antihorario y obtenga el torque total.
12. Repita el experimento para diferentes fuerzas y ángulos.

Pregunta:

- Dentro de los límites de sus incertidumbres, ¿el torque total es nulo cuando la rueda de torque está en equilibrio?