Equilibrio estático en palancas · Almudena de la Fuente Fernández

El objetivo fundamental de la experiencia es comprobar si se verifica la condición de equilibrio de rotación en palancas de primero, segundo y tercer género a partir del cálculo de los momentos de las fuerzas aplicadas. De forma cuantitativa, la demostración práctica es adecuada para 1º Bachillerato. No obstante, la experiencia podría adaptarse a 2º de ESO para la demostración de la ley de la palanca, dentro del bloque "La interacción".

Fundamento

Una palanca es una máquina simple que consiste esencialmente en una barra rígida que puede girar en torno a un punto de apoyo fijo llamado fulcro. Su función principal es transmitir fuerza y desplazamiento para vencer una resistencia.

Desde la prehistoria, de forma intuitiva, nuestros antepasados ya empleaban palos y ramas rígidas para mover grandes rocas o desenterrar raíces. En el Antiguo Egipto y Mesopotamia, esta tecnología se refinó para la ingeniería civil y la agricultura, destacando la invención del *shaduf* (o cigoñal), un sistema de palanca de primer género con contrapeso utilizado para extraer agua de los ríos de manera eficiente. Sin embargo, el verdadero nacimiento de la palanca como objeto de estudio científico y geométrico no ocurriría hasta el siglo III a.C. en la Antigua Grecia, de la mano del célebre matemático e ingeniero Arquímedes de Siracusa. Arquímedes fue el primero en formalizar las leyes físicas que rigen el comportamiento de las palancas en su tratado *Sobre el equilibrio de los planos*. A él se le atribuye la famosa frase histórica que define el poder de la multiplicación de la fuerza: *"Dadme un punto de apoyo y moveré el mundo"*. Con esta afirmación, Arquímedes ilustró de forma extrema el concepto de ventaja mecánica: teóricamente, no existe masa lo suficientemente grande que un ser humano no pueda levantar si dispone de una palanca lo suficientemente larga y un fulcro perfectamente rígido. Durante el Renacimiento y la Ilustración, científicos como Galileo Galilei e Isaac Newton reformularon estas observaciones geométricas bajo los conceptos modernos de fuerza, momento de una fuerza y equilibrio estático, conectando las intuiciones de la antigüedad con las leyes de la mecánica clásica.

Dependiendo de la posición relativa del fulcro, la resistencia (F_1) y la fuerza motriz (F_2) las palancas se clasifican en tres géneros:

- **Primer género:** El fulcro se encuentra entre la fuerza motriz y la resistencia (por ejemplo, unas tijeras o una balanza).
- **Segundo género:** La resistencia (F_1) se encuentra entre el fulcro y la fuerza motriz (F_2) (por ejemplo, una carretilla).
- **Tercer género:** La fuerza motriz (F_2) se encuentra entre el fulcro y la resistencia (F_1) (por ejemplo, unas pinzas de depilar).

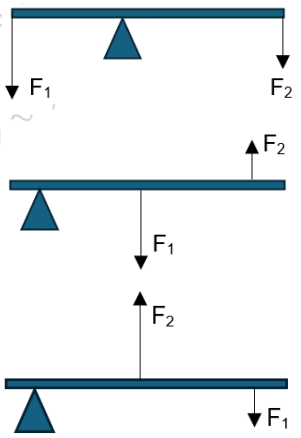


Figura 1. Tipos de palancas.

ISSN: 2990-0271 Real Sociedad Española de Física y Real Sociedad Española de Química

Para que un cuerpo rígido (como la barra de una palanca) se encuentre en equilibrio estático, se deben cumplir simultáneamente dos condiciones mecánicas:

- **Primera condición de equilibrio (equilibrio de traslación):** La suma vectorial de todas las fuerzas externas que actúan sobre el cuerpo debe ser igual a cero ($\Sigma\vec{F}$ =0).
- **Segunda condición de equilibrio (Equilibrio de rotación):** La suma vectorial de todos los momentos de fuerza o torques ($\vec{M}$) respecto a cualquier punto de giro (en este caso, el fulcro) debe ser igual a cero ($\Sigma\vec{M}$ =0).

El momento de una fuerza mide la capacidad de dicha fuerza para producir una rotación y, cuando la fuerza es perpendicular al eje de giro, su módulo se calcula como el producto de la fuerza por su distancia a dicho eje de giro, en este caso el brazo de palanca ($M = F \cdot r$). Por convenio, los momentos que producen giros antihorarios se consideran positivos y, los que producen giros horarios, negativos. Si la barra de la palanca posee una masa significativa, su propio peso (F_B) actúa como una fuerza distribuida. A efectos analíticos, toda la fuerza del peso de la regla se considera concentrada en su centro de gravedad (punto medio geométrico si la barra es homogénea). En estos casos, para determinar el momento resultante hay que tener en cuenta el momento de dicha fuerza respecto al fulcro ($M_B = F_B \cdot r_B$) siendo r_B la distancia desde el centro de gravedad de la barra al fulcro.

Materiales

Para realizar esta demostración experimental, se han empleado los siguientes materiales:

- Regla graduada de aluminio de 50 cm con 7 orificios equidistantes (1).
- Soporte construido con dos trozos de madera perpendiculares entre sí, provisto de un tornillo y una tuerca que actúan como fulcro (2).
- Balanza digital de precisión (3).
- Dinamómetro calibrado de rango 0−2,5 N (4).
- Bolsa pequeña de plástico ligera y clip de sujeción (5).
- Sal común (6) y espátula (7).
- Objeto de ensayo de unos 50-100 g que pueda colgarse de uno de los orificios (p. ej. llavero) para emplear como resistencia

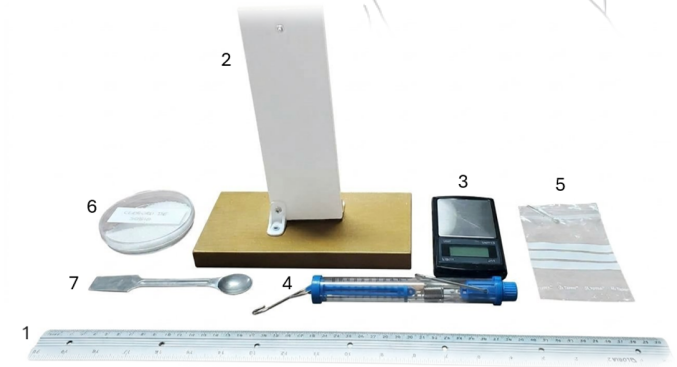


Figura 2. Material necesario para el desarrollo de la experiencia.

Procedimiento experimental

- Determinar la masa de la regla en la balanza digital.
- Multiplicar este valor por la aceleración de la gravedad para obtener el peso de la regla (F_B).

Palanca de primer género:

1. Unir la regla al soporte colocando el punto de apoyo en una posición desplazada respecto al centro de gravedad de la regla. Medir y anotar la distancia (r_B) desde el fulcro hasta el centro de la regla.
2. Pesar el objeto de ensayo en la balanza para calcular F_1, colgarlo en un extremo de la regla y medir su distancia (r_1).
3. En el extremo opuesto de la regla, colgar la bolsa vacía con un clip y medir su distancia al punto de apoyo (r_2).
4. Utilizando la espátula, añadir sal paulatinamente dentro de la bolsa hasta que la regla quede perfectamente horizontal y en equilibrio estático.
5. Retirar con cuidado la bolsa con la sal y el clip y pesarla en la balanza para la fuerza motriz (F_2).
6. Modificar la posición de la bolsa a otras dos distancias r_2 diferentes y repetir los pasos 4 y 5 para completar tres mediciones distintas. Registrar todos los datos en una tabla y comprobar en cada caso que se cumple que el momento resultante es aproximadamente nulo.

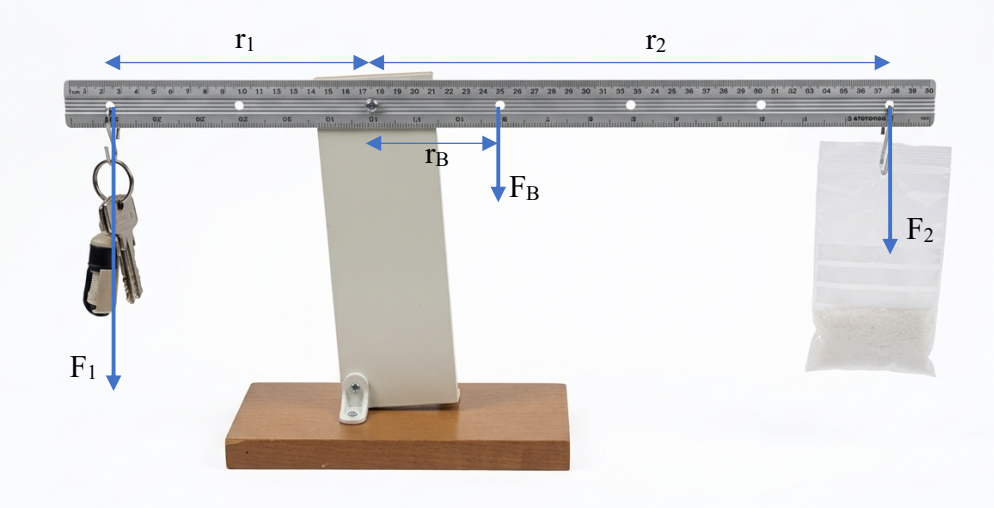


Figura 3. Estudio experimental de una palanca de primer género.

Palanca de segundo género:

1. Acoplar el punto de apoyo en uno de los extremos de la regla. Medir y anotar la distancia (r_B) desde el fulcro hasta el centro de la regla.
2. Colgar el objeto de peso conocido F_1 en un punto intermedio cercano al fulcro y anotar la distancia (r_1).
3. Enganchar el dinamómetro verticalmente en la posición más alejada del apoyo y tirar hacia arriba hasta que lograr la posición horizontal de equilibrio. Registrar la fuerza experimental indicada (F_2).

4. Variar la posición del objeto a otras dos distancias anotando las lecturas correspondientes de fuerza y distancia. Registrar todos los datos en una tabla y comprobar en cada caso que se cumple que el momento resultante es aproximadamente nulo.

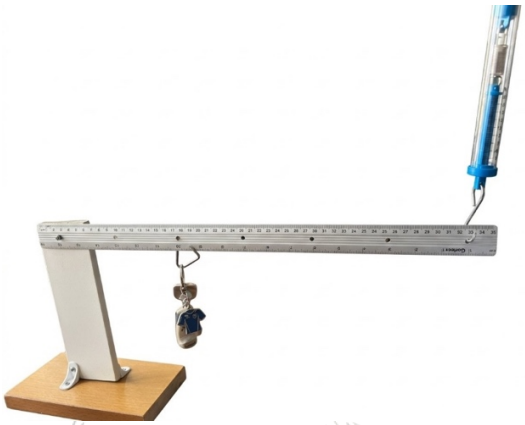


Figura 4. Estudio experimental de una palanca de segundo género.

Palanca de tercer género:

1. Mantener el fulcro en el extremo de la regla igual que en la experiencia anterior.
2. Colgar el objeto de peso conocido F_1 del otro extremo de la regla y registrar su distancia r_1.
3. Colocar el dinamómetro en una posición intermedia (r_2) y tirar verticalmente hacia arriba con el dinamómetro hasta estabilizar la regla en equilibrio horizontal. Anotar la fuerza medida F_2.
4. Repetir la operación variando la posición del dinamómetro para dos valores más de r_2. Registrar todos los datos en una tabla y comprobar en cada caso que se cumple que el momento resultante es aproximadamente nulo.

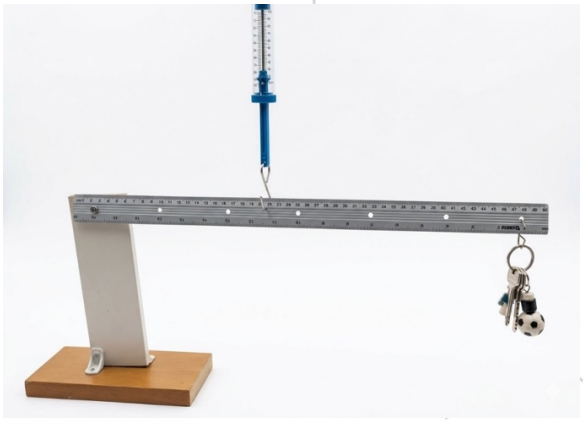


Figura 5. Estudio experimental de una palanca de tercer género.

Almudena de la Fuente Fernández
Colegio Nuestra Señora de los Ángeles (Madrid)
Contacto: *almudena_f@nsangelesmdmadrido365.educamos.com*

Bibliografía

- Tipler, P. A.,, Mosca, G. (2010). *Física para la ciencia y la tecnología. Vol. 1: Mecánica, oscilaciones y ondas, termodinámica*. Editorial Reverté.
- Sears, F. W., Zemansky, M. W., Young, H. D., y Freedman, R. A. (2013). *Física universitaria. Vol. 1*. Pearson Educación.
- Asimov, I. (1993). *Cronología de los descubrimientos científicos*. Editorial Ariel.
- Hann, J. (1991). *Ciencia en tus manos: Proyectos y experimentos que revelan los secretos de la ciencia.* Plaza & Janés. Fundació Caixa, Museu de la Ciencia.

