

MATERIAL: FM-11

ESTÁTICA

En esta unidad analizaremos el equilibrio de un cuerpo grande, que no puede considerarse como una partícula. Además, vamos a considerar dicho cuerpo como un **cuerpo rígido**, es decir que no sufre deformaciones bajo la acción de fuerzas externas.

Centro de gravedad de un cuerpo (CG)

El Centro de Gravedad (CG) de un cuerpo es un punto que se puede considerar, como si todo el peso del cuerpo se aplicara ahí. No necesariamente será un punto que pertenezca al cuerpo.

Para cuerpos homogéneos y de forma geométrica definida se encuentra en el centro de simetría del cuerpo. Así para cuerpos de forma circular, esférica, etc., se encontrará en el centro geométrico del cuerpo.

El centro de gravedad de un objeto hecho de distintos materiales, es decir, cuya densidad varía por lo tanto no homogéneo, puede estar muy lejos de su centro geométrico, por ejemplo una esfera hueca y llena de plomo hasta la mitad, en este caso el CG no coincidirá con su centro geométrico sino que estará en algún lugar de la parte con plomo.

Los cuerpos rígidos con bases amplias y centros de gravedad bajos son más estables y menos propensos a voltearse. Esta relación es evidente en el diseño de los automóviles de carrera de alta velocidad, que tienen neumáticos anchos y centros de gravedad cercanos al suelo. También la posición del centro de gravedad del cuerpo humano tiene efectos sobre ciertas capacidades físicas. Por ejemplo, las mujeres suelen doblarse y tocar los dedos de sus pies o el suelo con las palmas de sus manos, con más facilidad que los varones, quienes con frecuencia se caen al tratar de hacerlo; en general, los varones tienen centros de gravedad más altos (hombros más anchos) que las mujeres (pelvis grande), de modo que es más fácil que el centro de gravedad de un varón quede fuera de su base de apoyo cuando se flexiona hacia el frente.

Fuerzas Concurrentes

Cuando las fuerzas aplicadas (o las líneas de acción de estas) sobre un cuerpo concurren a un mismo punto se les llama fuerzas concurrentes.

Fuerzas no concurrentes

En la guía de dinámica nos hemos referido a las fuerzas que actúan en un sólo punto. Sin embargo, hay muchos casos en los cuales las fuerzas que actúan en un objeto no tienen un punto común de aplicación. Tales fuerzas se denominan *no concurrentes*.

Línea de acción de una fuerza

Se define como una línea imaginaria extendida indefinidamente a lo largo del vector fuerza. Cuando las líneas de acción de las fuerzas no se interceptan en un mismo punto, puede producirse rotación respecto a un punto o eje.

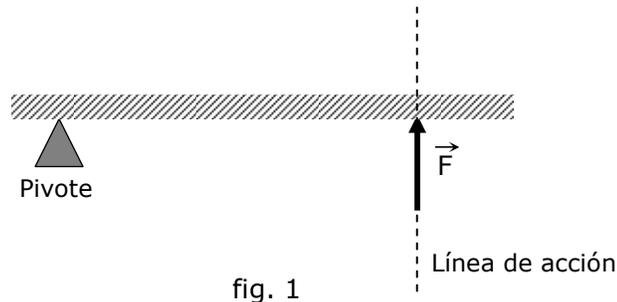


fig. 1

Nota: el pivote es un punto de apoyo, el cual permite que un cuerpo rígido pueda girar.

Brazo de palanca (b)

La distancia perpendicular del eje de rotación a la línea de acción de una fuerza recibe el nombre de **brazo de palanca de esa fuerza**. Este factor determina la eficacia de una fuerza dada para causar movimiento de rotación.

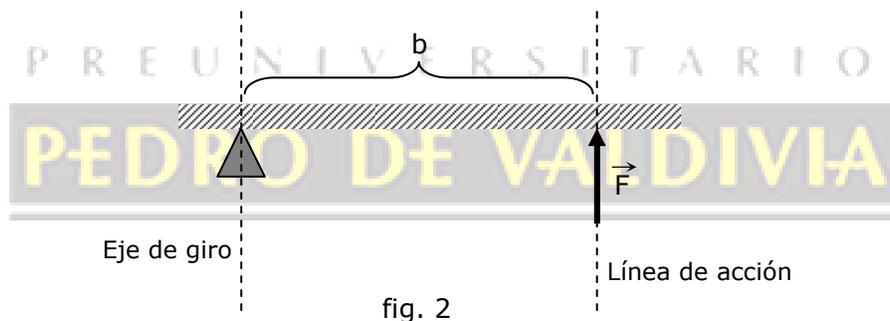


fig. 2

Momento de fuerza (torque)

El **momento de una fuerza o momento de torsión** ($\vec{\tau}$) se puede definir como la tendencia a producir un cambio en el movimiento de rotación. Como ya vimos, tanto la magnitud de una fuerza, $|\vec{F}|$, como su brazo de palanca, **b**, determinan el movimiento de rotación. De esta manera, podemos definir el momento de una fuerza como sigue:

$$\text{Momento de Fuerza} = \text{Brazo de palanca} \times \text{fuerza}$$

La magnitud del torque realizado por una fuerza que es perpendicular al brazo es la siguiente.

$$|\vec{\tau}| = |\vec{F}_{\perp}| \cdot b$$

La unidad del momento de torsión en el SI es **metro · Newton** (mN).

Convención de signos para el momento de una fuerza (torque)

Si el cuerpo tiende a girar contrario al movimiento de las manecillas de un reloj el momento de una fuerza será positivo, y al girar en el mismo sentido el momento será negativo. En el caso de que la línea de acción pase por el eje de giro, el torque realizado por esa fuerza será nulo.

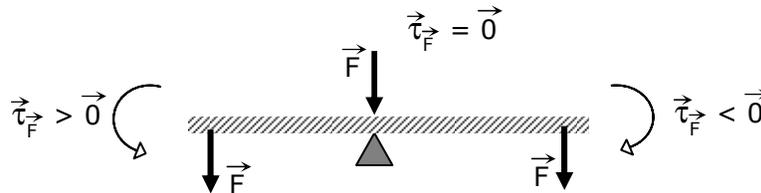


fig. 3

Condiciones para el equilibrio

Las dos condiciones necesarias para que un objeto este en equilibrio

- I) La fuerza externa resultante sobre el objeto debe ser igual a cero, es decir:

$$\Sigma \vec{F} = \vec{0}$$

en este caso se dice que el cuerpo está en **equilibrio traslacional**.

- II) El torque externo resultante sobre el objeto debe ser cero alrededor de cualquier origen, es decir:

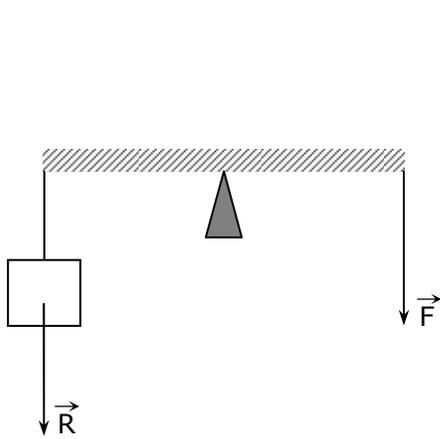
$$\Sigma \vec{\tau} = \vec{0}$$

en este caso se dice que el cuerpo está en **equilibrio rotacional**.

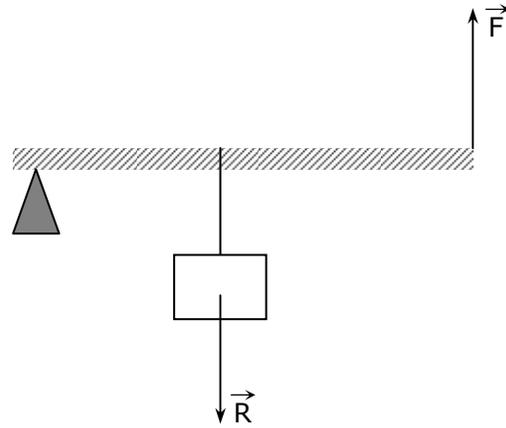
Nota: al analizar el equilibrio rotacional de un cuerpo rígido, es importante tener en cuenta su peso, ya que si éste no es despreciable, podría existir un torque más en el análisis del problema.

Palancas

Es una barra rígida sometida a dos esfuerzos y apoyada en un punto. Las fuerzas que soporta son: Fuerza aplicada (\vec{F}) y resistencia (\vec{R}). Según la posición del punto de apoyo las palancas pueden ser:

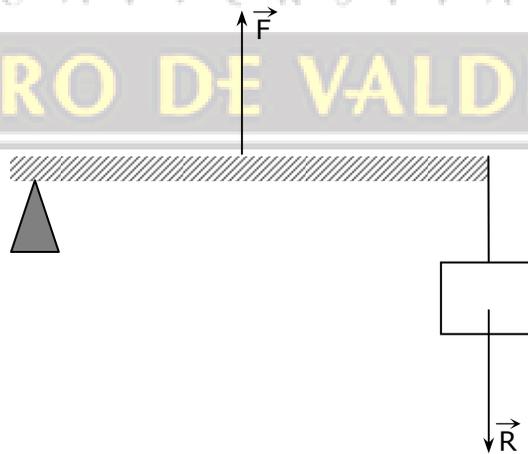


1ª Clase
fig. 4A



2ª Clase
fig. 4B

PREUNIVERSITARIO
PEDRO DE VALDIVIA



3ª Clase
fig. 4C

Equilibrio rotacional de una palanca

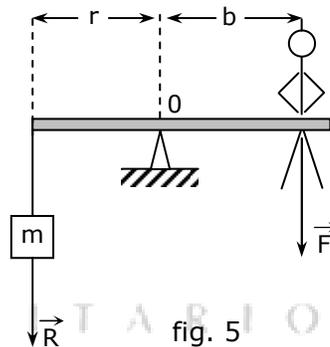
Tanto la resistencia \vec{R} como la fuerza \vec{F} constituyen una dupla de torques con respecto al punto de apoyo O , en la siguiente palanca de primera clase, la condición es que haya equilibrio rotacional, por lo tanto

$$\Sigma \vec{\tau} = \vec{0}$$

es decir

$$\mathbf{R \cdot r - F \cdot b = 0 \Rightarrow R \cdot r = F \cdot b}$$

donde \vec{F} = Fuerza
 \vec{R} = Resistencia
 b = brazo de la fuerza
 r = brazo de la Resistencia



Nota: Esta condición de equilibrio se cumple para los tres tipos de palanca.

Poleas

I. Polea fija

Es una rueda acanalada que gira alrededor de un eje fijo que pasa por su centro y por ella pasa una cuerda. El objetivo de una polea fija es invertir el sentido de aplicación de la fuerza.

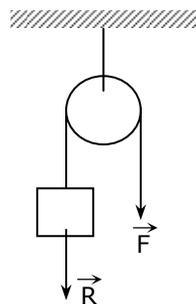


fig. 6

Para sostener el peso \vec{R} se debe aplicar una fuerza \vec{F} de magnitud igual a \vec{R}

II. Polea móvil

La polea móvil se aprecia en la figura y para que esté en equilibrio, la suma de los momentos producidos por la fuerza motriz y la resistencia debe ser cero.

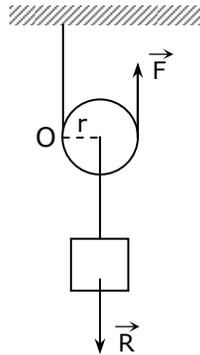


fig. 7

Si analizamos el equilibrio de esta polea con respecto al punto **O** (punto donde se ubica el eje de giro de una polea móvil) tenemos lo siguiente:

$$2 \cdot r \cdot F - r \cdot R = 0$$

donde obtenemos $|\vec{F}| = \frac{|\vec{R}|}{2}$

Si el número de poleas móviles es **n** entonces podemos hacer $|\vec{F}| = \frac{|\vec{R}|}{2^n}$

EJEMPLOS

1. Una barra homogénea de 20 kg y largo 10 m, está pivotada justo en la mitad de su largo. El módulo del torque resultante sobre ella debido a las fuerzas a las que está sometida, mostradas en la figura 8, es

- A) $49 \text{ m} \cdot \text{N}$
 B) $25 \text{ m} \cdot \text{N}$
 C) $24 \text{ m} \cdot \text{N}$
 D) $7 \text{ m} \cdot \text{N}$
 E) $1 \text{ m} \cdot \text{N}$

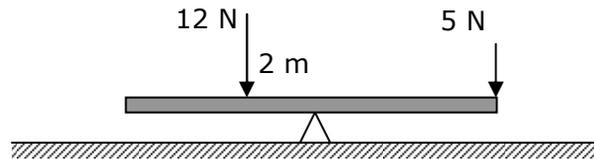


fig. 8

2. En la figura 9 hay un bloque ubicado sobre una barra y se muestra además una fuerza de 12 N, las distancias respecto al pivote se indican entre paréntesis, el torque neto sobre la barra de masa despreciable es

- A) $-40 \text{ m} \cdot \text{N}$
 B) $-36 \text{ m} \cdot \text{N}$
 C) $-84 \text{ m} \cdot \text{N}$
 D) $60 \text{ m} \cdot \text{N}$
 E) $84 \text{ m} \cdot \text{N}$

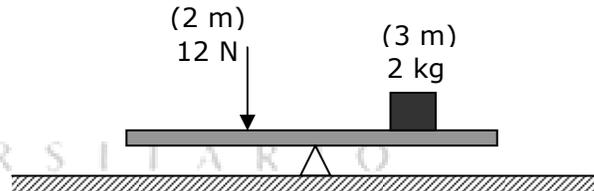


fig. 9

3. La figura 10 muestra una persona que sostiene una masa de 5 kg a través de una polea de radio 20 cm. Si la polea puede girar en torno a su centro, entonces el torque que ejerce la tensión de la cuerda es

- A) $5 \text{ m} \cdot \text{N}$
 B) $10 \text{ m} \cdot \text{N}$
 C) $20 \text{ m} \cdot \text{N}$
 D) $30 \text{ m} \cdot \text{N}$
 E) $50 \text{ m} \cdot \text{N}$

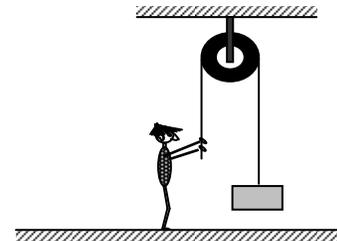


fig. 10

4. La figura 11 muestra dos fuerzas actuando en direcciones distintas y tangentes sobre una rueda. El torque neto sobre la rueda de radio 50 cm ejercido por las fuerzas es de módulo

- A) 1 mN
 B) 2 mN
 C) 7 mN
 D) 14 mN
 E) 100 mN

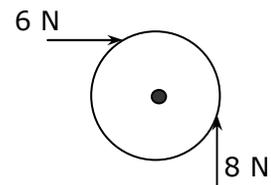


fig. 11

PROBLEMAS DE SELECCIÓN MÚLTIPLE

1. La barra de largo L puede girar en torno al punto O y se encuentra sometida a dos fuerzas (ver figura 12). ¿A qué distancia de O se debe aplicar una fuerza de 36 N para lograr que la barra se encuentre en equilibrio rotacional?

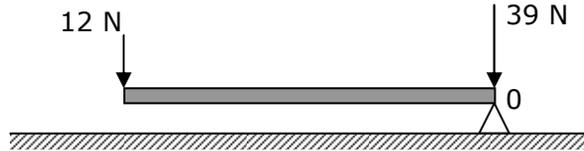


fig. 12

- A) A $L/2$ hacia arriba.
 B) A $L/3$ hacia arriba.
 C) A $L/4$ hacia abajo.
 D) A $L/2$ hacia arriba.
 E) A $L/3$ hacia abajo.
2. Sobre una barra se encuentran tres bloques de 20 , 6 y 2 kg que se encuentran a una distancia, respecto al punto donde está pivotada la barra, de 2 , 3 y 10 m respectivamente, tal como se aprecia en la figura 13, entonces el torque resultante sobre la barra es

PEDRO DE VALDIVIA

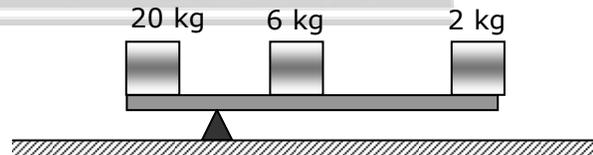


fig. 13

- A) 20 mN
 B) 40 mN
 C) 60 mN
 D) 80 mN
 E) 780 mN
3. Sobre la barra homogénea de 4 kg y largo 20 m , se aplica una fuerza de 40 N vertical hacia arriba en el extremo de la barra, en el otro extremo de la barra está el pivote respecto al cual la barra puede girar (ver figura 14), de lo anterior es correcto afirmar que el módulo del torque neto es

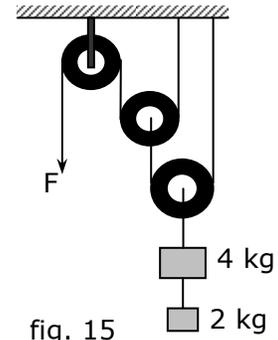


fig. 14

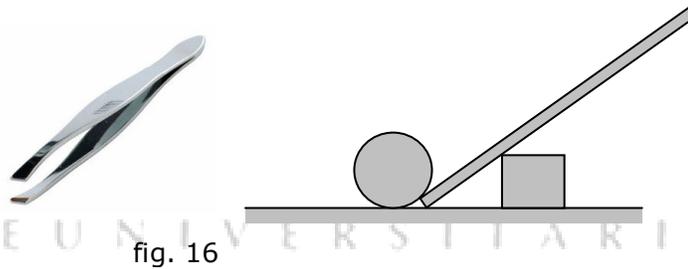
- A) 200 mN
 B) 400 mN
 C) 600 mN
 D) 800 mN
 E) 1200 mN

4. Mediante un sistema de poleas se levantan dos cuerpos de 2 kg y 4 kg, la fuerza F necesaria para levantar estos cuerpos es

- A) 60 N
 B) 50 N
 C) 30 N
 D) 15 N
 E) 6 N

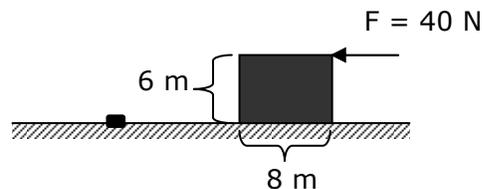


5. En la figura 16, se aprecian dos objetos que trabajan como palancas, lo correcto es decir que las pinzas y la barra que levanta una gran piedra son, respectivamente, palancas del



- A) primer tipo segundo tipo.
 B) tercer tipo segundo tipo.
 C) segundo tipo primer tipo.
 D) tercer tipo primer tipo
 E) segundo tipo tercer tipo.

6. Un bloque rectangular de madera de 4 kg, homogéneo, se desliza sobre una superficie lisa, debido a una fuerza horizontal de 40 N aplicada en la esquina superior derecha del bloque. En el piso hay un pequeño tope de metal fijo al piso, al chocar el bloque contra el tope es correcto que se aplica



- A) un torque neto de 160 mN y no se volteará el bloque.
 B) sólo una fuerza que hace torque.
 C) más de un torque pero el torque neto es cero.
 D) un torque neto de 80 mN y el bloque se dará vuelta.
 E) un torque neto de 240 mN y el bloque se volteará.

7. Una bala de 10 g que viaja a 100 m/s penetra en una barra de largo 50 cm que descansa verticalmente y que puede girar en torno al punto P. Si la bala queda incrustada en el extremo de la barra y la interacción bala - barra dura 0,01 s, entonces es correcto afirmar que el torque que ejerce la bala sobre la barra es

- A) 5 N · m
 B) 10 N · m
 C) 30 N · m
 D) 50 N · m
 E) 80 N · m

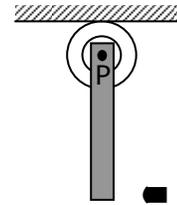


fig. 18

8. Una rueda de doble radio es sometida a tres fuerzas tangenciales cuyas medidas están indicadas en la figura 19. Si el radio interno de la rueda es 2 m y el externo es 3 m, entonces el torque neto sobre la rueda es

- A) 10,0 mN
 B) 45,0 mN
 C) 67,5 mN
 D) 90,0 mN
 E) 110,0 mN

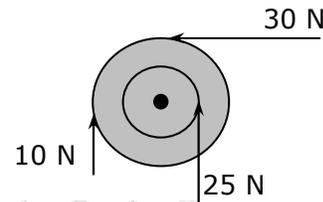


fig. 19

9. Tres niños de 10 kg, 20 kg y 25 kg, juegan en un balancín de 4,0 m de largo y pivotado en el centro. Si los niños más pesados se sientan uno en cada extremo y despreciando el peso del balancín, para producir equilibrio, el niño más liviano deberá ubicarse respecto del centro, a

- A) 0,1 m
 B) 0,5 m
 C) 1,0 m
 D) 1,5 m
 E) ninguna de las anteriores.

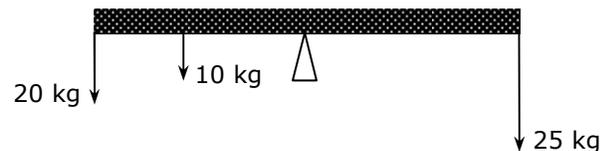


fig. 20

10. Una pieza cuadrada de metal de lado 6 m puede girar en torno a su centro. Sobre la pieza actúan dos fuerzas horizontales tal como lo muestra la figura 21, entonces el torque neto es

- A) 6 mN
 B) 8 mN
 C) 21 mN
 D) 29 mN
 E) 33 mN

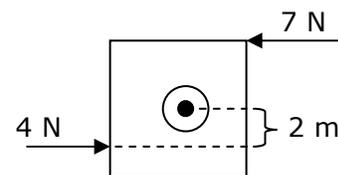


fig. 21

11. La barra que muestra la figura 22, es homogénea de 10 kg, y está colgando del techo mediante una cuerda, de los extremos cuelgan dos masas de 6 y 4 kg, además se indican las distancias al punto de donde cuelga la barra. ¿Cuál es el módulo del torque neto sobre la barra?

- A) 480 mN
 B) 380 mN
 C) 120 mN
 D) 80 mN
 E) 20 mN

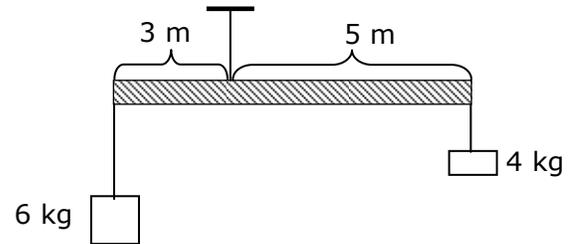


fig. 22

12. Una fuerza origina un torque si:

- I) Hace girar al cuerpo sobre el cual se aplica si este está en reposo.
 II) Su línea de acción pasa por el eje de rotación del cuerpo sobre el cual se aplica.
 III) Actúa de modo que su línea de acción pasa a cierta distancia del eje de rotación del cuerpo sobre el cual se aplica.

Es (son) verdadera(s)

- A) Sólo I
 B) Sólo II
 C) Sólo I y III
 D) Sólo I y II
 E) Sólo II y III

13. Sobre un bloque de cemento se apoya una barra homogénea de Masa m y largo L justo en el punto $L/3$, uno de los extremos de la barra descansa sobre el piso y el otro extremo está conectado a un mecanismo fijo al muro que le permite a la barra girar. Respecto a las fuerzas que hacen torque sobre la barra, respecto al punto de giro, se hacen las siguientes afirmaciones:

- I) El peso de la barra no ejerce un torque.
 II) El piso ejerce torque.
 III) El bloque de cemento ejerce torque.

Es (son) correcta(s)

- A) Sólo I
 B) Sólo II
 C) Sólo III
 D) Sólo I y II
 E) Sólo II y III

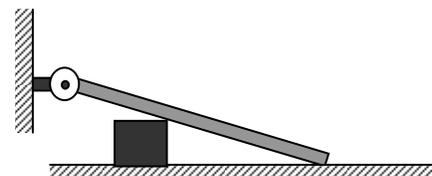


fig. 23

14. La dimensión de torque es

- A) MLT
- B) ML^2
- C) ML^2T^{-2}
- D) M^2LT^2
- E) ML^2T

15. Una barra homogénea de largo 1 m y de 6 kg puede girar en torno al extremo que cuelga del techo (ver figura 24), respecto a este punto el torque neto es ($\text{sen } 30^\circ = 0,5$; $\text{cos } 30^\circ = \sqrt{3}/2$)

- A) 0 mN
- B) 5 mN
- C) 10 mN
- D) 15 mN
- E) $30\sqrt{3}$ mN

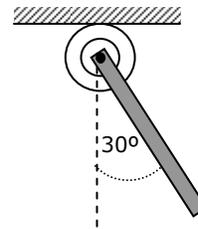


fig. 24

PREUNIVERSITARIO

CLAVES DE LOS EJEMPLOS

1E 2B 3B 4A

PEDRO DE VALDIVIA

DMDFM-11

Puedes complementar los contenidos de esta guía visitando nuestra web.
<http://www.pedrodevaldivia.cl/>