ANCIOS

1- 1er. Parcial: Viernes 13 de mayo hora 16:00. En forma presencial

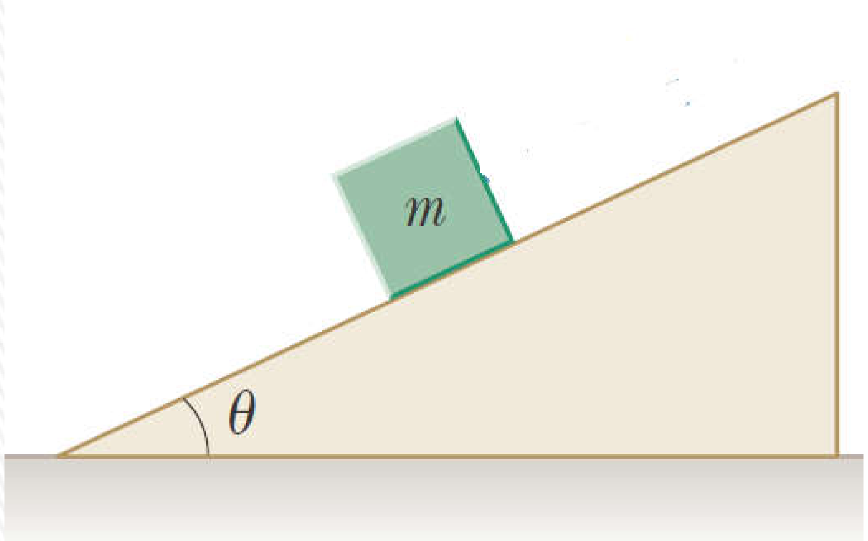
2- Tercer evaluación corta: Desde el jueves 5 de mayo hasta el sábado 7 de mayo. Unidad 3 (Dinámica: leyes del movimiento y equilibrio estático).

3- Consultas: Clase de consultas: sábados de 9:00 a 10:30 por Zoom. Enlace en EVA: https://salavirtual-udelar.zoom.us/j/85497553389?pwd=TUFHY2c1Z3hvNnFycjNVZUw1b2Y2QT09

Me voy a conectar 30 minutos antes de cada clase virtual por si tienen consultas a realizar, en todo caso puedo ampliar el rango o eventualmente poner una clase especial a coordinar.

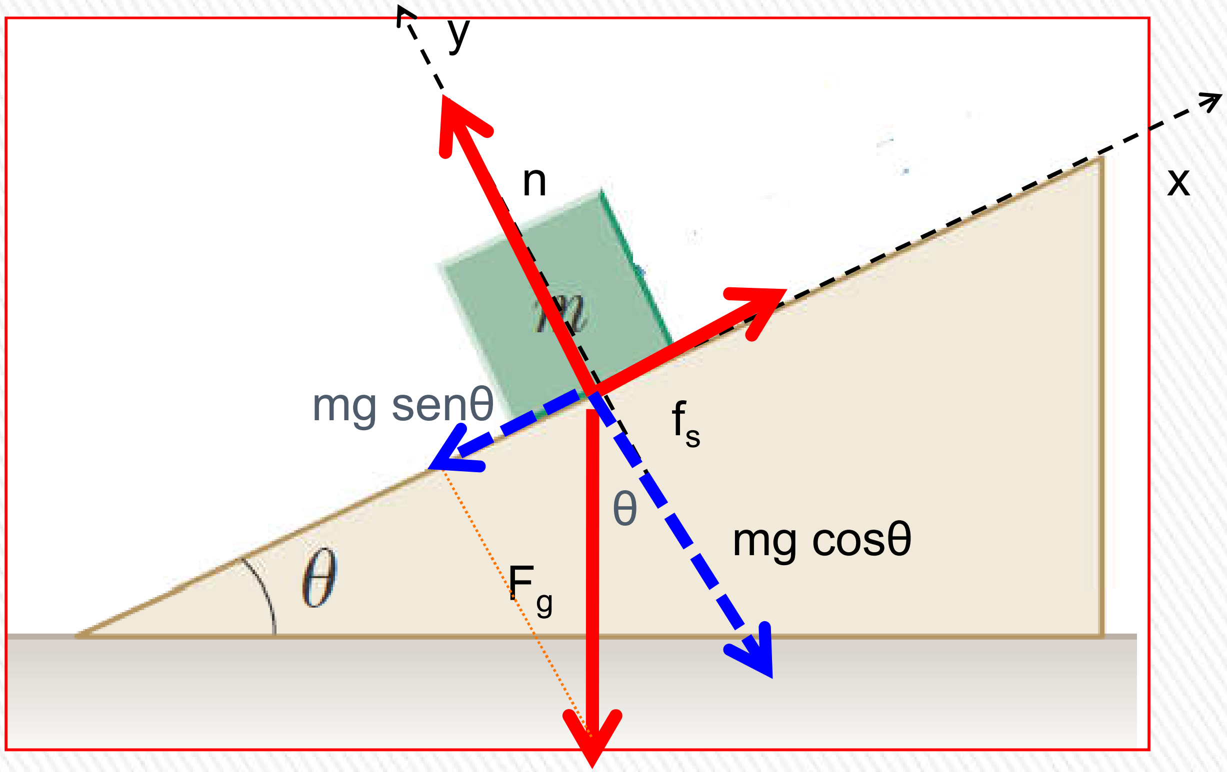
Ejemplo: determinación de coeficientes de fricción

Suponga que un bloque con masa de m = 2,50 kg está en reposo sobre una rampa. Si el coeficiente de fricción estática entre el bloque y la rampa es μ_s= 0,350, ¿cuál es el ángulo máximo θ_m que la rampa puede formar con la horizontal antes de que el bloque empiece a deslizarse hacia abajo?



- Es una aplicación de la segunda ley de Newton, con la particularidad que busco el ángulo θ máximo, para que el bloque se quede en equilibrio.
- Voy a elegir sistema de coordenadas inclinadas, con el eje x, según la dirección del plano inclinado.
- Realizo el DCL.
- Analizo la situación en que el bloque está a punto de deslizarse cuando la fuerza de fricción estática toma su valor máximo: $f_s = \mu_s . n$.
- *Planteo la 2da. Ley de Newton para c/u de los ejes (asumo que estoy en marco referencia inercial)*

Ejemplo: determinación de coeficientes de fricción



El peso. F_g vale mg

Planteo la 2da. Ley de Newton para c/u de los ejes:

$\Sigma F_x = m.a_x$ (1)

$\Sigma F_y = m.a_y$ (2)

En este caso como queremos que esté en equilibrio: $a_x = a_y = 0$

x) $f_s - mg\ sen\theta = 0$ $\quad f_s = mg\ sen\theta$ (3)

y) $n - mg\cos\theta = 0$ $\quad n = mg\cos\theta$ (4)

Recordar que en general f_s es menor o igual a $\mu_s n$

Como estoy considerando la condición límite: $f_s = \mu_s n$ $\quad \mu_s n = mg\ sen\theta$ (3')

Dividiendo (3')/(4): $\dfrac{\mu_s n}{n} = \dfrac{mg\sin\theta}{mg\cos\theta}$ $\quad \mu_s = \tan\theta \quad \theta = \tan^{-1}\mu_s$

$\theta = \tan^{-1}\mu_s = \tan^{-1} 0{,}350$ $= 19{,}3°$

Ejemplo: ejercicio 3.6

6.- Considere dos bloques del mismo material, uno con el doble de masa que el otro, que son colocados en una rampa inclinada, de forma que permanecen en reposo.

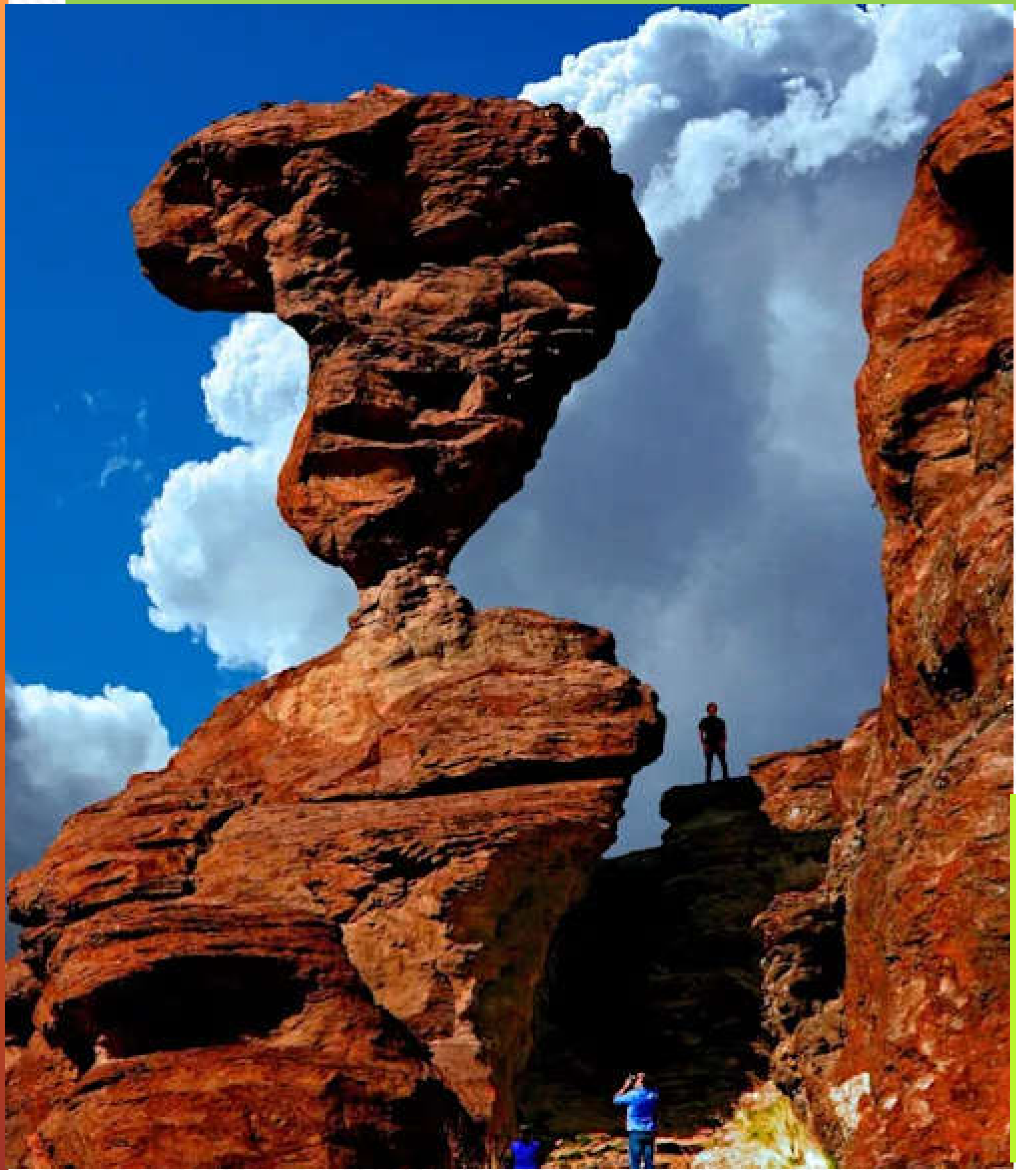
a) Si se aumenta el ángulo de la rampa con la mesa, ¿cuál de los dos bloques cae primero?

b) ¿Cómo cambian los ángulos a los cuales comienzan a deslizar si la superficie es más rugosa?

c) ¿Cómo se podría determinar el coeficiente de rozamiento estático entre la superficie del bloque y la de la rampa a partir de la experiencia?

a) Por lo visto en el ejemplo, no depende la masa del bloque.
b) Si la superficie se hace más rugosa, aumenta μ_s y por tanto el ángulo θ puede crecer.
c) Voy variando el ángulo θ, hasta que comienza a deslizar, cuándo sucede eso, mido el ángulo y el coeficiente de fricción estático valdrá la tangente de dicho ángulo.

11 LEYES DEL MOVIMIENTO Y EQUILIBRIO ESTÁTICO



Parte III: Equilibrio estático. Producto vectorial. Momentos o torques. Condiciones de equilibrio de un cuerpo rígido. Centro de gravedad. Estabilidad y equilibrio.

Balanced Rock Park (EE.UU.)
Con más de 15 m de altura y 40 toneladas de peso, esta roca tallada por el viento se sostiene a duras penas por un pedestal de solo un metro y 43 cm de extensión.

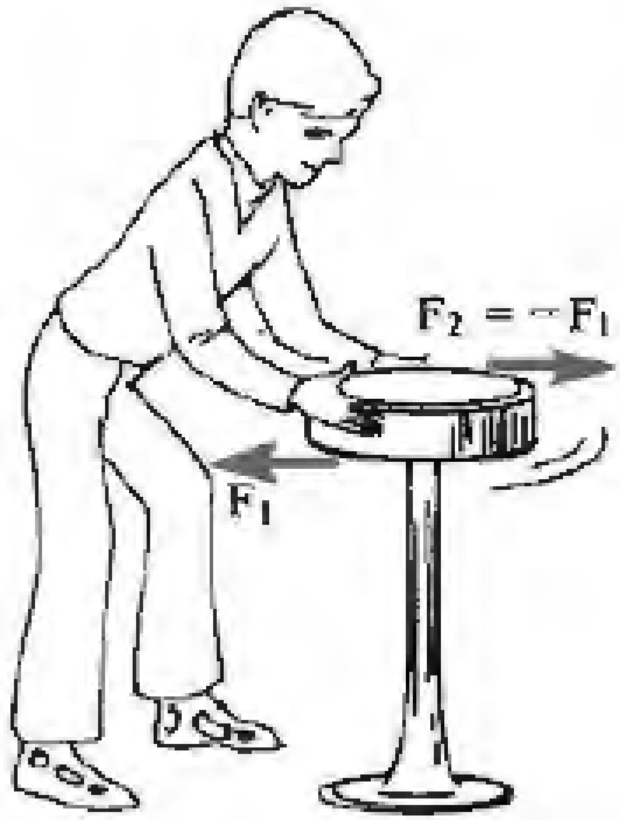
ESTÁTICA

Estática: estudio de las fuerzas que actúan sobre un objeto que está en equilibrio y en reposo.

Explica la **multiplicación de fuerzas** o ***ventaja mecánica*** *obtenida con* ***las máquinas simples****,* *(*palancas, sistemas de poleas), analiza el **equilibrio y estabilidad.**
Analizaremos las condiciones de equilibrio de un ***sólido rígido*** *(o simplemente* ***rígido****):* ***objeto ideal que ocupa un lugar en el espacio*** **y que no cambia su forma ni su tamafio al ser sometido a diferentes esfuerzos (modelo).**

Objetos reales: constituidos por partículas (átomos y moléculas) que se mantienen unidas por fuerzas que actuán entre ellas, pudiendo vibrar o deformarse.
Objetos sólidos como rocas, huesos o vigas de acero son suficientemente rígidos como para que dichas **deformaciones resulten despreciables**.

Momento o torque



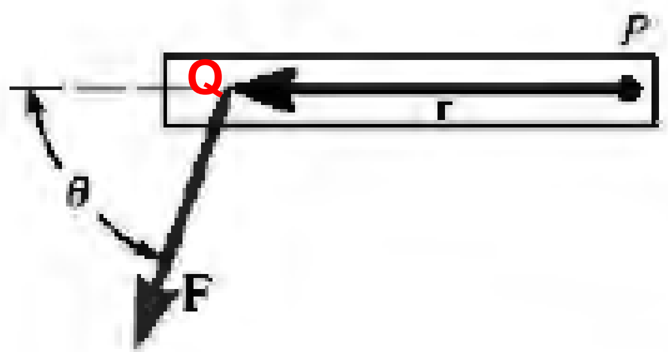
Taburete de asiento giratorio, aplico dos fuerzas iguales y opuestas $\mathbf{F_1}$ y $\mathbf{F_2}$ en lados opuestos del asiento, éste empieza a girar…

El asiento no permanece en reposo aún cuando la fuerza neta sea cero!!!

Por tanto además de $\Sigma \mathbf{F} = 0$, (fuerza neta igual a cero) necesitamos otra condición de equilibrio para excluir la posibilidad de rotación.

La **magnitud que indica la capacidad de una fuerza para producir rotación** se llama ***momento de torsión (momento) o torque***.

Un sólido rígido está en equilibrio de rotación cuando no actúa sobre él ningún momento o torque neto.

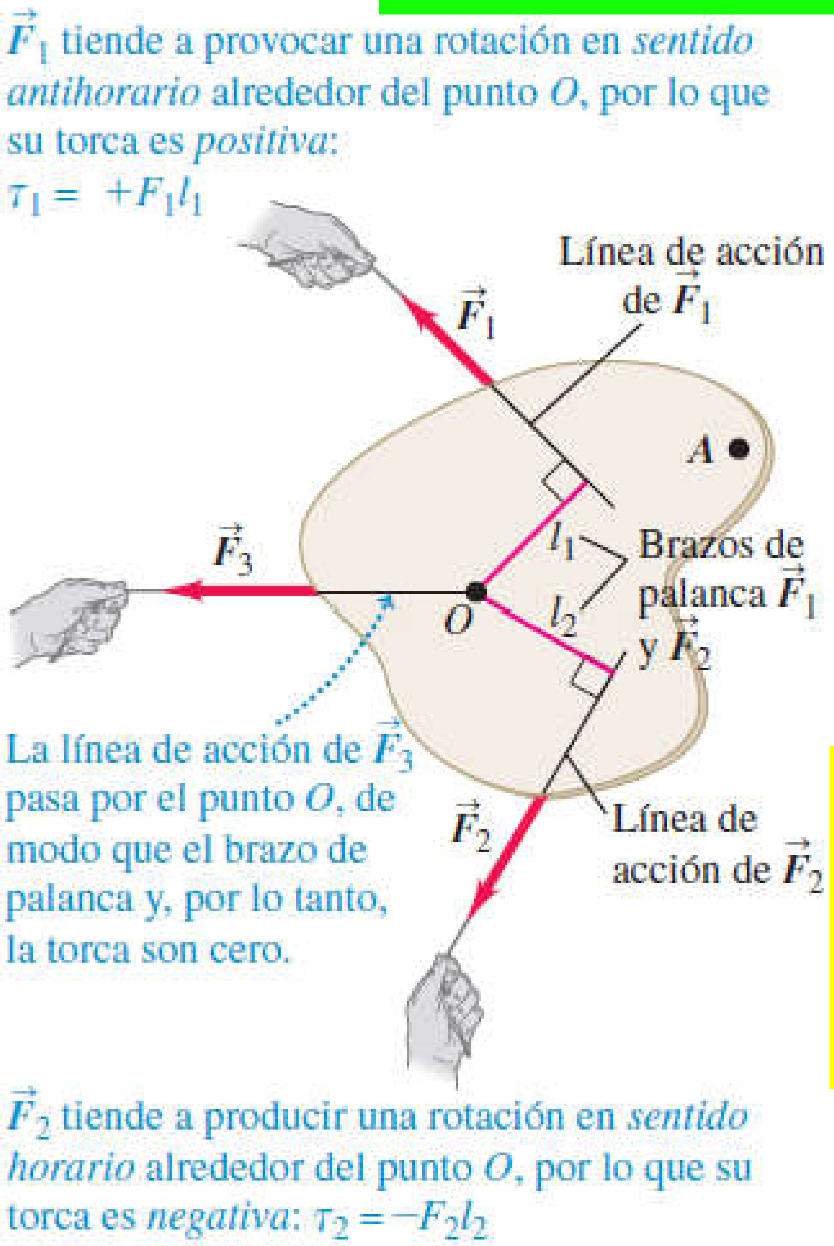


*El **momento** o **torque** τ depende de la **fuerza F**, de la **distancia r** desde* un punto del eje de rotación hasta el punto en que actúa la fuerza y del **ángulo θ** *entre r y F.*

El módulo del momento o torque alrededor del punto *P* vale: $\tau = r.F sen\ \theta$

*Y veremos que corresponde al módulo de un **producto vectorial**.*

MOMENTO O TORQUE (τ)



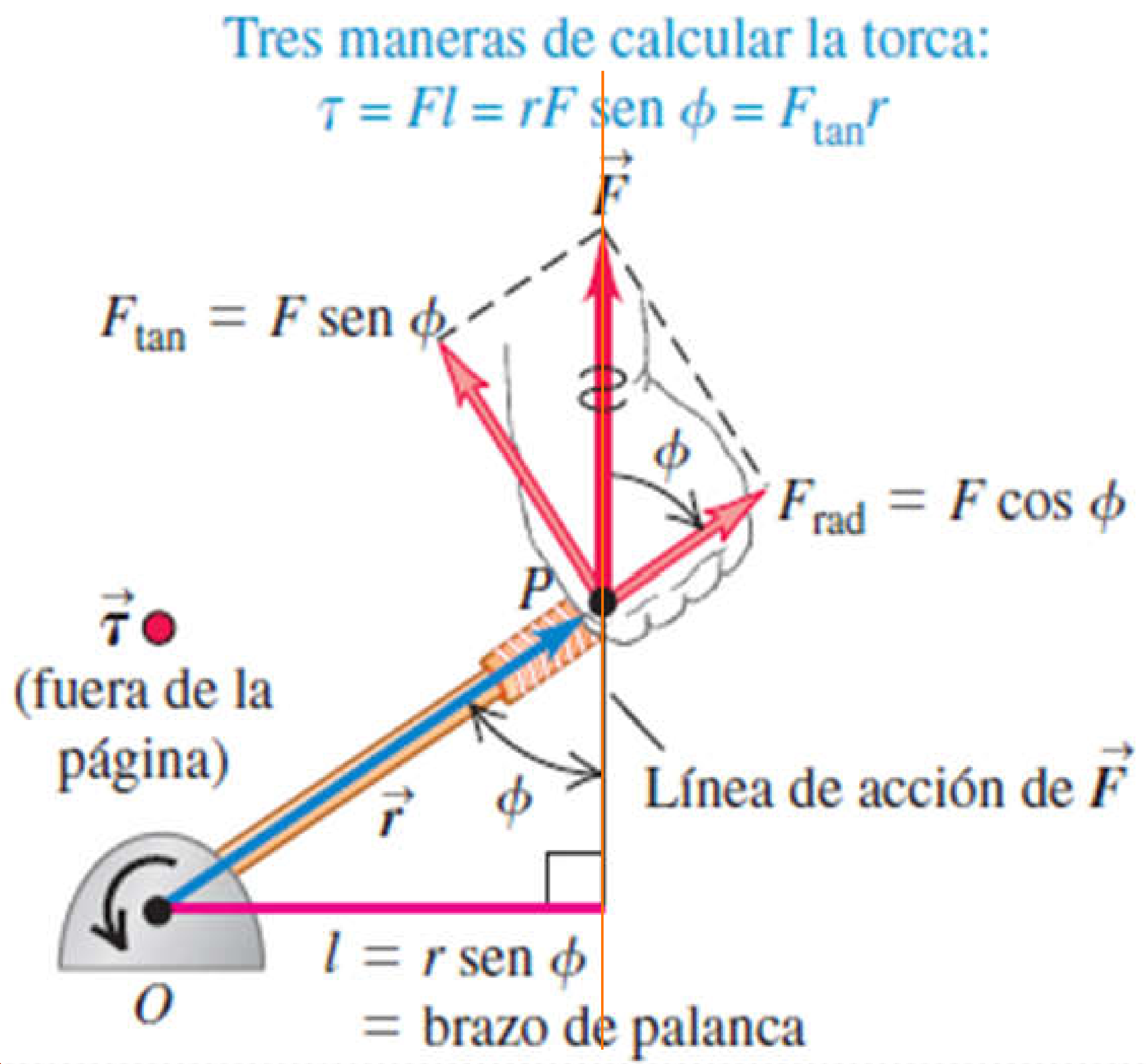
La tendencia de F_1, en provocar una rotación alrededor de *O depende: del módulo de* F_1, *y de la distancia perpendicular* l_1 *(entre el punto O y la línea de acción de la fuerza) que es el* ***brazo de* palanca o brazo de momento.**

Se usa la letra griega τ (tau) para el torque.

$$\tau = F\, l$$

CUIDADO ! El torque siempre se mide con respecto a un punto.
Si modificamos la posición de este punto, el torque de cada fuerza también cambia.

MOMENTO O TORQUE (τ)



3 formas para calcular el torque:

1) Encontrar el brazo de palanca *l y utilizar*

$\tau = Fl.$

2. Determinar el ángulo Φ entre los vectores **r** y **F**; el brazo de palanca es *r sen Φ, por lo que*

$$\tau = rF \operatorname{sen} \Phi.$$

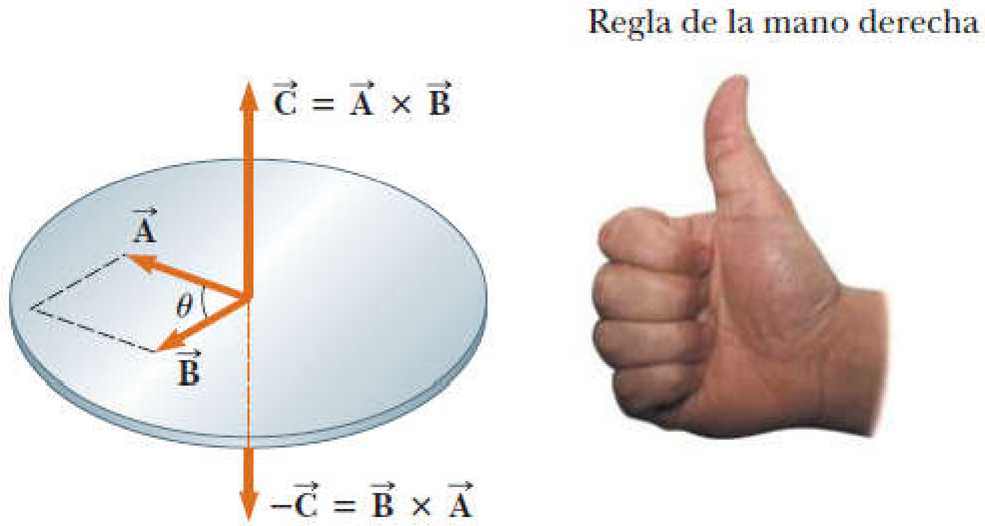
3. *Descomponer **F** en F_{tan} y F_{rad} con respecto a la dirección de **r**.*

$\tau = r(F \operatorname{sen} \Phi) = r.F_{tan}.$

$$\tau = Fl = rF \operatorname{sen} \phi = F_{tan} r$$

PRODUCTO VECTORIAL

Es otro vector **C** cuyo módulo vale C=A B senθ, es perpendicular al plano determinados por los vectores **A** y **B**, y sentido dado por la regla de la mano derecha.



$$\vec{C} = \vec{A} \times \vec{B}$$

$$C = AB \operatorname{sen} \theta$$

Producto vectorial entre versores

$$\hat{\imath} \times \hat{\imath} = \hat{\jmath} \times \hat{\jmath} = \hat{k} \times \hat{k} = 0$$

$$\hat{\imath} \times \hat{\jmath} = -\hat{\jmath} \times \hat{\imath} = \hat{k}$$

$$\hat{\jmath} \times \hat{k} = -\hat{k} \times \hat{\jmath} = \hat{\imath}$$

$$\hat{k} \times \hat{\imath} = -\hat{\imath} \times \hat{k} = \hat{\jmath}$$

PRODUCTO VECTORIAL- Propiedades

1- No es conmutativo, en realidad es anticonmutativo: $\vec{\mathbf{A}} \times \vec{\mathbf{B}} = -\vec{\mathbf{B}} \times \vec{\mathbf{A}}$

2- El producto vectorial de dos vectores paralelos ($\theta = 0$ ó $180°$) es nulo.

3- El módulo del producto vectorial de dos vectores perpendiculares es igual al producto de los módulos. $|\vec{\mathbf{A}} \times \vec{\mathbf{B}}| = AB.$

4- El producto vectorial cumple con la propiedad distibutiva respecto a la suma: $\vec{\mathbf{A}} \times (\vec{\mathbf{B}} + \vec{\mathbf{C}}) = \vec{\mathbf{A}} \times \vec{\mathbf{B}} + \vec{\mathbf{A}} \times \vec{\mathbf{C}}$

5- Producto vectorial a través de componentes de los vectores:

$$\vec{A} \times \vec{B} = (A_yB_z - A_zB_y)\hat{\imath} + (A_zB_x - A_xB_z)\hat{\jmath} + (A_xB_y - A_yB_x)\hat{k}$$

$$\begin{aligned}
\vec{A} \times \vec{B} &= (A_x\hat{\imath} + A_y\hat{\jmath} + A_z\hat{k}) \times (B_x\hat{\imath} + B_y\hat{\jmath} + B_z\hat{k}) \\
&= A_x\hat{\imath} \times B_x\hat{\imath} + A_x\hat{\imath} \times B_y\hat{\jmath} + A_x\hat{\imath} \times B_z\hat{k} \\
&\quad + A_y\hat{\jmath} \times B_x\hat{\imath} + A_y\hat{\jmath} \times B_y\hat{\jmath} + A_y\hat{\jmath} \times B_z\hat{k} \\
&\quad + A_z\hat{k} \times B_x\hat{\imath} + A_z\hat{k} \times B_y\hat{\jmath} + A_z\hat{k} \times B_z\hat{k}
\end{aligned}$$

PRODUCTO VECTORIAL

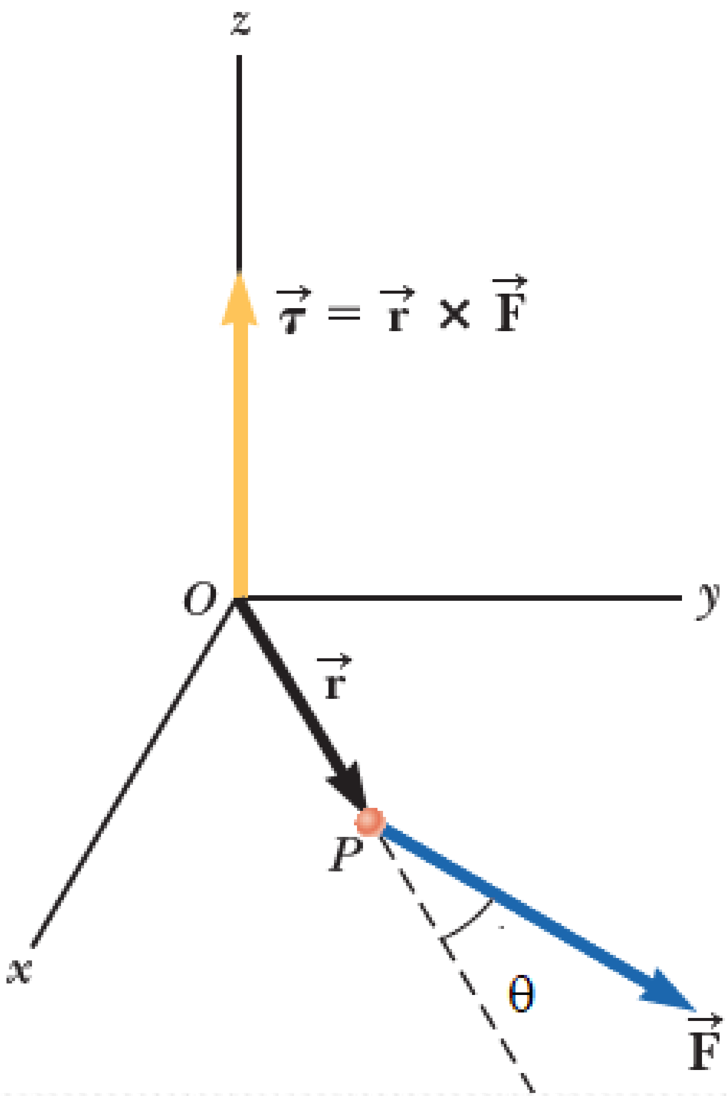
El producto vectorial también puede expresarse en forma de determinante:

$$\vec{A} \times \vec{B} = \begin{vmatrix} \hat{i} & \hat{j} & \hat{k} \\ A_x & A_y & A_z \\ B_x & B_y & B_z \end{vmatrix}$$

CALMA:

Hemos introducido el producto vectorial para formalizar la definición física del torque , y de otras cantidades físicas que veremos próximamente como el momento angular…
Pero en los hechos no deberemos hacer uso de este manejo algebraico, sino limitarnos a sus propiedades fundamentales-

MOMENTO O TORQUE (τ)



Torca, torque, momento de torsión o *simplemente* ***momento de una fuerza:*** medida cuantitativa de la tendencia de una fuerza para provocar o modificar el movimiento de rotación de un cuerpo.

Se define el torque de la fuerza **F**, que se aplica en el punto P, respecto al punto O como el producto vectorial del vector **r** (que va desde O a P) por la fuerza **F**.

$$\vec{\tau} = \vec{r} \times \vec{F}$$

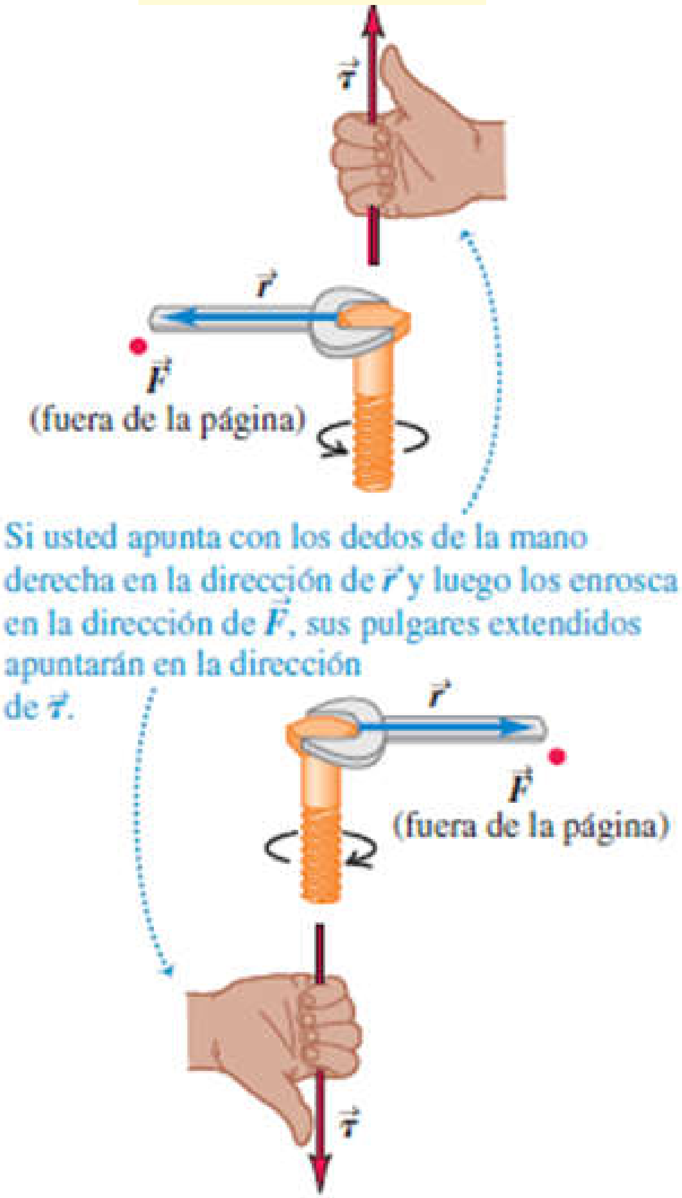
El módulo del torque vale:

$$\tau = r.F\mathrm{sen}\,\theta$$

La magnitud , dirección y punto de aplicación de la fuerza son importantes para provocar la rotación.

MOMENTO O TORQUE (τ)

$$\vec{\tau} = \vec{r} \times \vec{F}$$



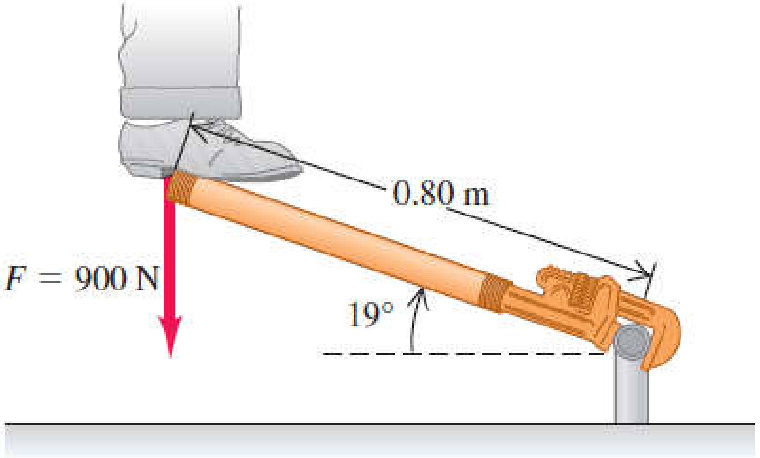
Los torques pueden provocar rotación en cualquier *sentido (antihorario u horario).*

Se debe **elegir un sentido de giro positivo**. Habitualmente se elige que los ***torques en sentido antihorario son positivos.***

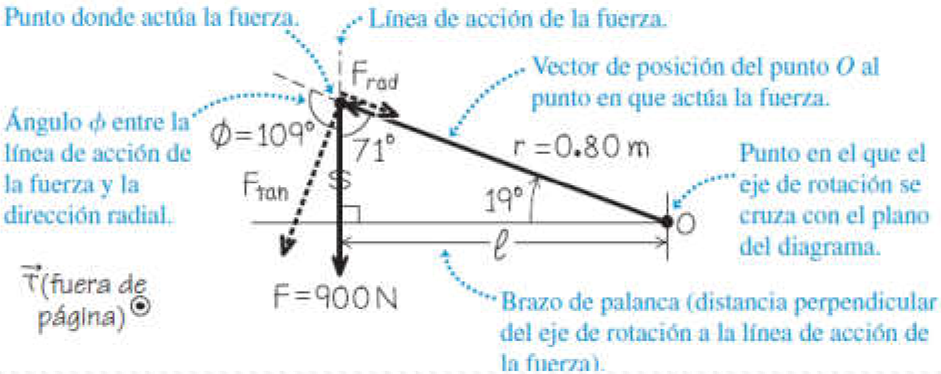
La **unidad del SI del torque es el newton-metro**.
Como el torque *no es trabajo ni* energía se expresa en newton-metros, *no en joules.*

Vectores perpendiculares al plano
(x) entrante al plano
(•) saliente al plano

Ejemplo: Aplicación de un torque



Para aflojar una junta de tubería, un plomero inserta un pedazo de tubo (una “extensión”) en el mango de su llave. Se coloca de pie en el extremo del tubo, aplicando todo su **peso de 900 N** en un punto a **0,80 m del centro de la j**unta. *El mango de la llave y la* extensión forman un ángulo de **19° con la horizontal**. Encuentre la magnitud y dirección del torque que se aplica en torno al centro de la junta.



$$l = r \operatorname{sen} \phi = (0.80 \text{ m}) \operatorname{sen} 109° = (0.80 \text{ m}) \operatorname{sen} 71° = 0.76 \text{ m}$$

$$\tau = Fl = (900 \text{ N})(0.76 \text{ m}) = 680 \text{ N}\cdot\text{m}$$

$$\tau = rF \operatorname{sen} \phi = (0.80 \text{ m})(900 \text{ N})(\operatorname{sen} 109°) = 680 \text{ N}\cdot\text{m}$$

CONDICIONES DE EQUILIBRIO

Una partícula está en ***equilibrio*** (no tiene aceleración) en un marco de referencia inercial, si la suma vectorial de todas las fuerzas que actúan sobre ella es cero:

$$\sum \bar{F} = 0$$

Para un cuerpo *extenso:* **el centro de masa del cuerpo no tiene aceleración cuando la resultante de todas las fuerzas externas que actúan sobre el cuerpo es cero**.

Primera condición de equilibrio:

$$\sum \bar{F} = 0$$

$$\sum F_x = 0 \qquad \sum F_y = 0 \qquad \sum F_z = 0$$

Otra condición para que un rígido se encuentre en equilibrio es que no debe tener tendencia a *girar.*
Para que el cuerpo no comience a girar en torno a ese punto, la rapidez de cambio del momento angular *también* debe ser cero. Por lo tanto **la suma de los torques externos con respecto a cualquier punto debe ser cero**.

Segunda condición de equilibrio:

$$\sum \bar{\tau} = 0$$

Alrededor de cualquier punto

CONDICIONES DE EQUILIBRIO

Dos condiciones de equilibrio:

$$\sum \bar{F} = 0 \qquad \sum \bar{\tau} = 0$$

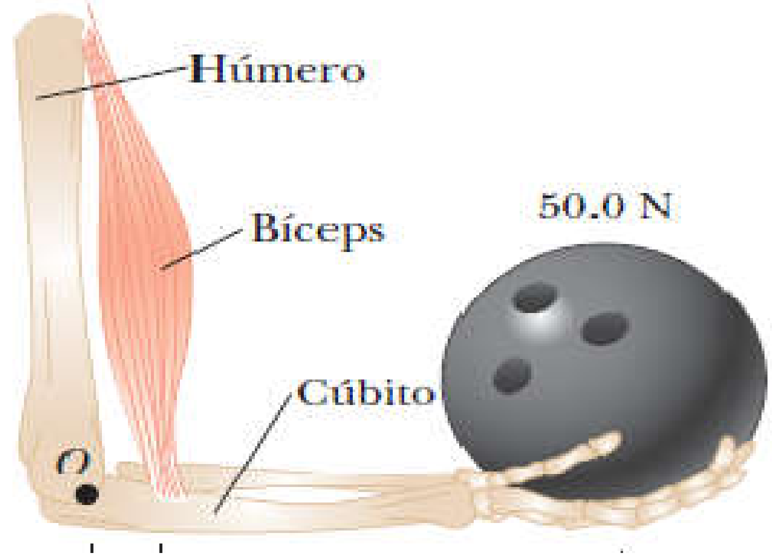
Alrededor de cualquier punto

Las situaciones en las que un cuerpo rígido está en reposo (sin traslación ni rotación). Se dice que tal cuerpo se encuentra en **equilibrio estático**.

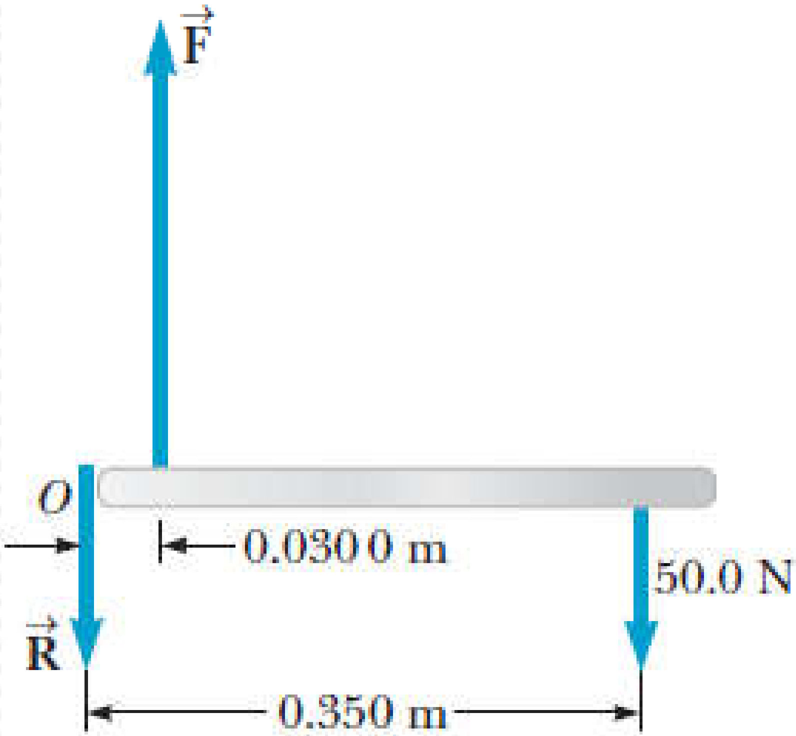
Sin embargo, las mismas condiciones son válidas para un cuerpo rígido con movimiento de *traslación* uniforme (sin rotación), como un avión que vuela con rapidez, dirección y altura constantes.
Un cuerpo así está en equilibrio, pero no es estático.

Ejercicio 3.10

Una bola de boliche de 50,0 N se sostiene en la mano de una persona con el antebrazo en posición horizontal, como se muestra en la figura El músculo del bíceps se une a 30,0 mm del empalme y la bola está a 35,0 cm de éste. Encuentre la fuerza ascendente **F** ejercida por el bíceps sobre el antebrazo (el cúbito) y la fuerza hacia abajo **R** ejercida por el húmero sobre el ante brazo, actuando en el empalme. Desprecie el peso del antebrazo y la leve desviación de la vertical del bíceps.



Empecemos haciendo el D.C.L. de la situación: las fuerzas que actúan sobre el antebrazo son equivalentes a las que actuarían sobre una barra de longitud 0,350 m, como se muestra:



Elijo las coordenadas *x y y de manera usual como se muestra y el eje en O en el extremo izquierdo, y uso* las condiciones de equilibrio para establecer ecuaciones que involucren a las incógnitas F y R.

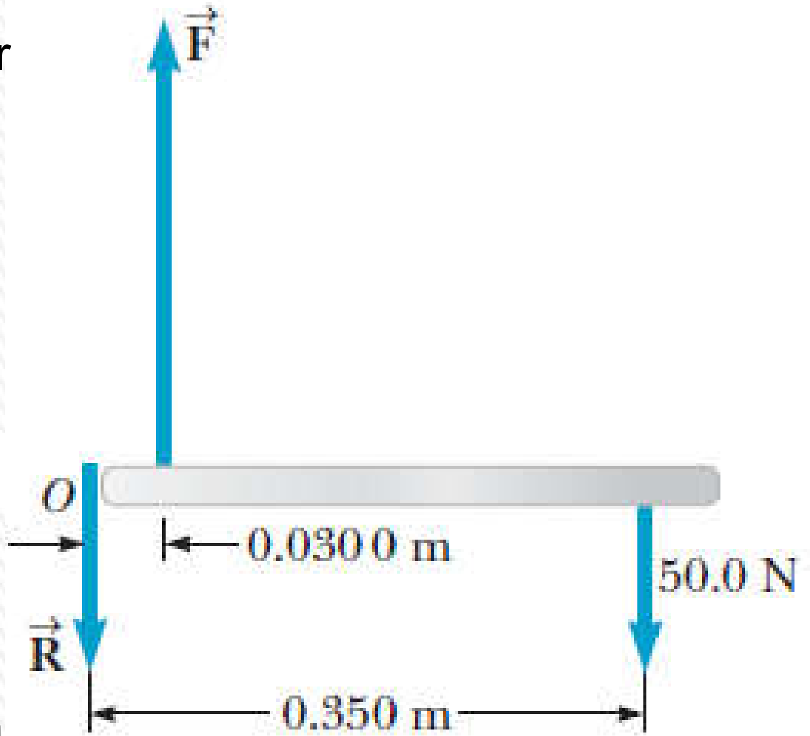
Ejercicio 3.10

La sumatoria de los torques respecto a cualquier punto debe ser cero, por lo que elijo respecto al punto O.
¿Por qué les parece?

$$\sum \tau_i = \tau_R + \tau_F + \tau_{BB} = 0$$

$$R(0) + F(0.030\,0 \text{ m}) - (50.0 \text{ N})(0.350 \text{ m}) = 0$$

$$F = \frac{(50{,}0\ N) \times (0{,}350\ m)}{0{,}0300\ m} = 583{,}33\ N$$



Ahora, para calcular R, aplico una 2da. condición de equilibrio: que la sumatoria de fuerzas según el eje vertical (y) debe ser nula.

$$\sum F_y = 0 \quad \Rightarrow -R + F - 50{,}0\ N = 0$$

$$R = F - 50{,}0\ N = 583{,}33 - 50{,}0 = 533{,}33\ N$$

F= 583 N **R= 533 N**