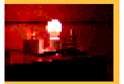
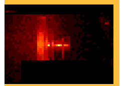
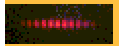
AJB





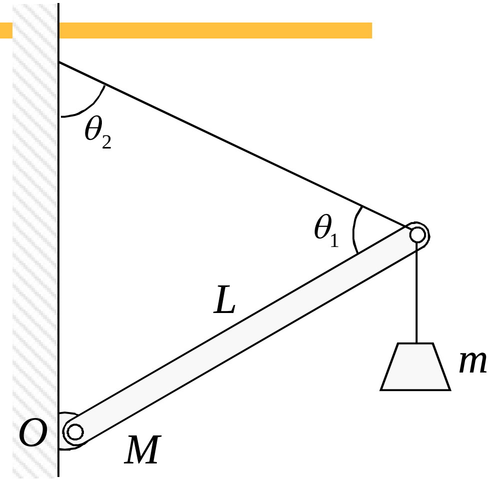


Lecciones de Física

PROBLEMAS RESUELTOS ESTÁTICA

PROBLEMA 1

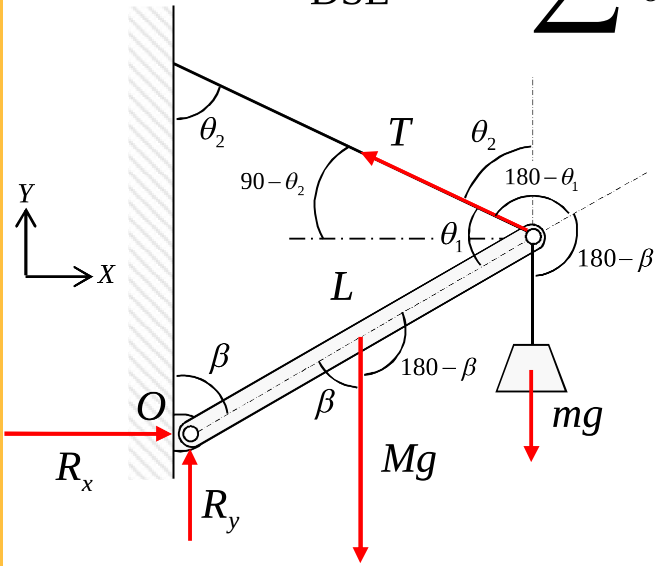
Una varilla rígida de longitud L = 1.80 m y masa M = 6 kg está unida a una articulación (punto O de la figura). La varilla se mantiene inclinada mediante un cable de acero unido a la pared. Los ángulos entre el cable, la varilla y la pared son θ_1 = 60º y θ_2 = 50º respectivamente. Un contrapeso m = 4 kg cuelga del extremo opuesto de la varilla.



a) Dibuje el diagrama de sólido libre para la varilla (2 p).

b) Calcular la tensión en el cable y las componentes rectangulares de la reacción en el punto O (2 p).

DSL



$$\beta = 180 - \theta_1 - \theta_2$$

$$\sum \tau_O = -Mg\frac{L}{2}\sin(180-\beta) - mgL\sin(180-\beta) + TL\sin(180-\theta_1) = 0$$

$$T = \frac{\sin\beta}{\sin\theta_1}\left(\frac{M}{2}+m\right)g$$

$$\sum F_x = R_x - T\cos(90-\theta_2) = 0$$

$$R_x = \frac{\sin\beta\sin\theta_2}{\sin\theta_1}\left(\frac{M}{2}+m\right)g$$

$$\sum F_y = R_y + T\sin(90-\theta_2) - Mg - mg = 0$$

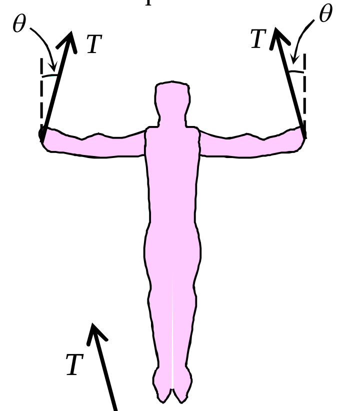
$$R_y = (M+m)g - \frac{\sin\beta\cos\theta_2}{\sin\theta_1}\left(\frac{M}{2}+m\right)g$$

$$T = 74.4\ \text{N};\quad R_x = 57.0\ \text{N};\quad R_y = 50.2\ \text{N}$$

PROBLEMA 2

Un atleta de 60 kg y 1.70 m de estatura realiza el ejercicio de anillas denominado “el Cristo”, en el que mantiene su cuerpo inmóvil con los brazos extendidos horizontalmente según se muestra en la fotografía. El ángulo con la vertical de los cordones de los que cuelgan las anillas es $\theta = 10^{\circ}$ (véase esquema 1). Se pide:

Esquema 1

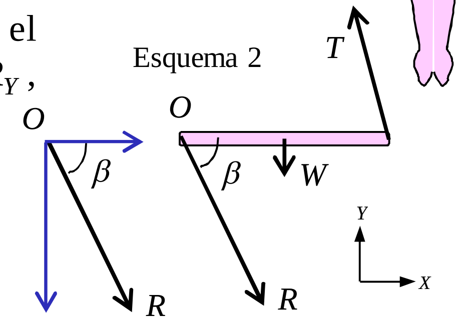


a) La tensión T de los cordones que sujetan las anillas.

b) Considerando cada brazo del atleta como una barra rígida horizontal sometida a las fuerzas indicadas en el esquema 2, calcular el valor de las componentes R_X y R_Y, el valor de la reacción R y del ángulo β.

W es el peso del brazo, aplicado en la mitad de su longitud.
R es la reacción en la articulación del hombro O.
R_X y R_Y son las componentes horizontal y vertical respectivamente de la reacción aplicada en la articulación del hombro O.

Esquema 2

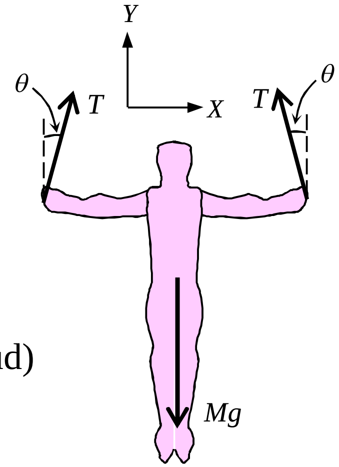


Considere que la masa de cada brazo del atleta es 3% de la masa total, y que la longitud del brazo es igual al 35% de su estatura.

---

a) Para mantenerse inmóvil en la posición indicada, el peso del atleta tiene que estar compensado por las tensiones de los cordones que sujetan las anillas. Véase el DSL a la derecha.

(Nótese que estamos considerando como sistema a estudiar el cuerpo del atleta y en este DSL solo aparecen las fuerzas exteriores que actúan sobre él)



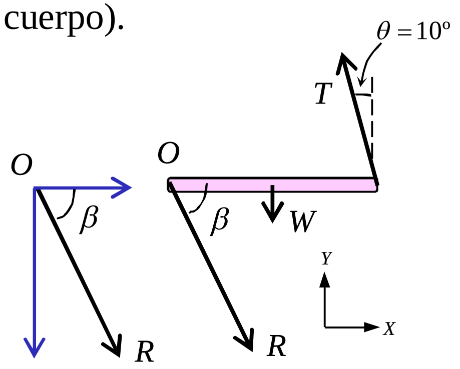
DSL del atleta

Equilibrio de fuerzas en el eje vertical (por simetría las dos tensiones son de igual magnitud)

$$\sum F_Y = 2T\cos\theta - Mg = 0 \qquad T = \frac{Mg}{2\cos\theta} = \frac{60\cdot 9.8}{2\cos 10^{\circ}} = 298.5\ \text{N}$$

PROBLEMA 2 (Continuación)

b) Cuando consideramos un brazo como sistema, planteamos el equilibrio estático de la barra rígida que lo representa teniendo en cuenta las fuerzas exteriores que actúan sobre dicha barra. Ahora esas fuerzas exteriores serán: la tensión T del cordón que sujeta la anilla correspondiente, el peso del brazo W, y la reacción R ejercida por la articulación del hombro (es decir, la fuerza de reacción ejercida por el resto del cuerpo).



Masa y longitud del brazo (indicaciones del enunciado)

$$m = 0.03 \cdot M = 0.03 \cdot 60 = 1.8 \text{ kg}$$

$$L = 0.35 \cdot 1.70 = 0.595 \text{ m}$$

Peso del brazo

$$W = mg = 17.64 \text{ N}$$

Equilibrio de fuerzas:

$$\sum F_Y = -R\sin\beta - W + T\cos 10^\circ = 0$$

$$R\sin\beta = -W + T\cos 10^\circ$$

$$\sum F_X = R\cos\beta - T\sin 10^\circ = 0$$

$$R\cos\beta = T\sin 10^\circ$$

$$\tan\beta = \frac{-W + T\cos 10^\circ}{T\sin 10^\circ} = \frac{-17.64 + 298.5\cos 10^\circ}{298.5\sin 10^\circ} = 5.3310 \qquad \beta = 79^\circ$$

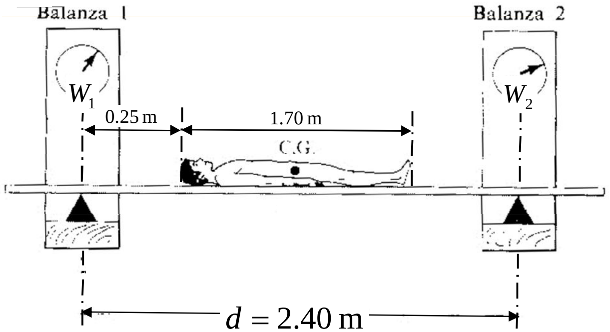
$$R_X = R\cos\beta = T\sin 10^\circ = 298.5\sin 10^\circ = 51.8 \text{ N}$$

$$R_Y = R\sin\beta = -W + T\cos 10^\circ = -17.64 + 298.5\cos 10^\circ = 276.4 \text{ N}$$

$$R = \sqrt{R_X^2 + R_Y^2} = \sqrt{51.8^2 + 276.4^2} = 281.2 \text{ N}$$

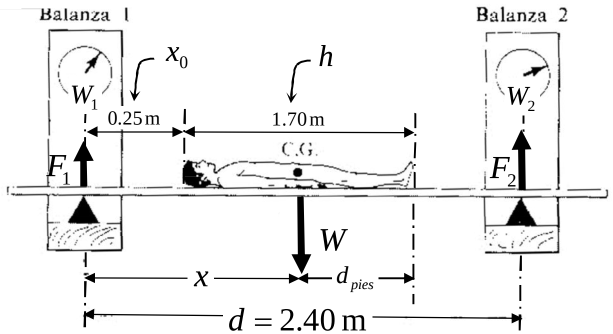
PROBLEMA 3

Se desea determinar la posición del centro de gravedad de un paciente de 76 kg que se encuentra tendido en una camilla horizontal. Para ello medimos los pesos registrados por las dos balanzas mostradas en la figura (las dos balanzas están taradas a cero antes de que el paciente se coloque en posición).



a) Dibujar el diagrama de sólido libre del sistema.

b) Calcular a qué distancia de los pies del paciente se encuentra el centro de gravedad, si las lecturas de las dos balanzas son W_1 = 418.95 N y W_2 = 325.85 N.



a) El peso W del paciente está aplicado en su centro de gravedad. En cada uno de los puntos de apoyo situados en los extremos de la camilla hay fuerza de reacción debido al peso que tiene encima. Como las balanzas están taradas a cero, las lecturas W_1 y W_2 son iguales a las fuerzas de reacción debidas en cada extremo al peso del paciente (F_1 y F_2, respectivamente).

$$F_1 = W_1 \qquad F_2 = W_2$$

La suma de ambas reacciones es igual al peso del paciente: $F_1 + F_2 = W = 76 \cdot 9.8 = 744.80\ \text{N}$

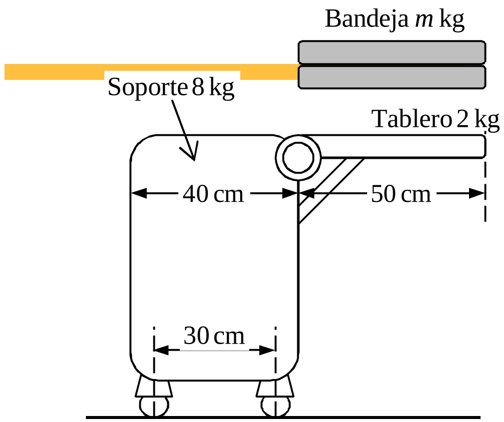
b) Para determinar la distancia pedida usaremos la ecuación de momentos tomando origen en el punto de aplicación de la fuerza de reacción F_1. Llamamos x a la distancia hasta el C.G. y escribimos la ecuación de momentos:

$$\sum M_1 = W \cdot x - F_2 \cdot d = 0 \qquad x = \frac{F_2 \cdot d}{W} = \frac{325.85 \cdot 2.40}{744.80} = 1.05\ \text{m}$$

Llamando x_0 y h a las distancias desde el origen que hemos tomado hasta la cabeza del paciente y a la estatura del mismo, respectivamente, puede verse en la figura que se cumple la relación:

$$x + d_{pies} = x_0 + h \qquad d_{pies} = x_0 + h - x = 0.25 + 1.70 - 1.05 = 0.90\ \text{m}$$

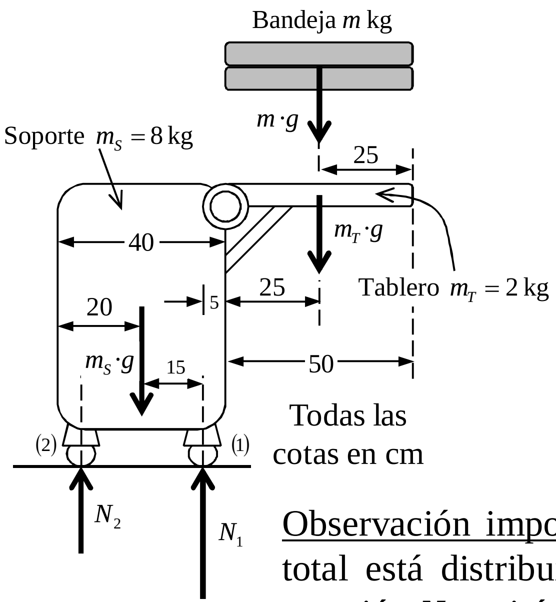
PROBLEMA 4



Una mesa de hospital que se emplea para servir las bandejas de comida a los pacientes consta de un cajón principal como soporte y un tablero desplegable de las dimensiones y masas indicadas en la figura.

(a) Dibujar el diagrama de sólido libre del conjunto suponiendo que colocamos una bandeja de masa *m* kg bien centrada encima del tablero. Identifique y represente en su lugar todas las fuerzas que intervienen.

(b) Si se colocase una bandeja de peso excesivo encima del tablero, la mesa podría volcar. Explicar razonadamente qué criterio deberemos adoptar para determinar la máxima masa posible a colocar sobre el tablero sin que la mesa vuelque, y determinar el valor de dicha masa.



(a) Por la simetría del problema, los pesos del soporte $m_S\cdot g$, del tablero $m_T\cdot g$ y de la bandeja $m\cdot g$ están aplicados sobre los ejes centrales de las dos partes de la mesa, véanse en el DSL sus posiciones y las distancias significativas. (La bandeja se dibuja separadamente por claridad en la parte superior, pero debe entenderse que está en contacto con el tablero).

Esos tres pesos, dirigidos verticalmente hacia abajo, han de estar compensados por las reacciones normales en los dos puntos de apoyo de la mesa (las ruedas, (1) y (2)), que denominaremos N_1 y N_2.

Condición de equilibrio de fuerzas: $m_S\cdot g + m_T\cdot g + m\cdot g - N_1 - N_2 = 0$

<u>Observación importante</u>: las reacciones normales N_1 y N_2 son diferentes, porque el peso total está distribuido de forma asimétrica. Cuanto mayor sea el peso de la bandeja, la reacción N_1 se irá haciendo mayor y la reacción N_2 se irá haciendo menor, porque el apoyo (1) soportará una fracción cada vez mayor del peso total. Así, a medida que el valor de $m\cdot g$ se incremente, tanto mayor será la diferencia entre N_1 y N_2.

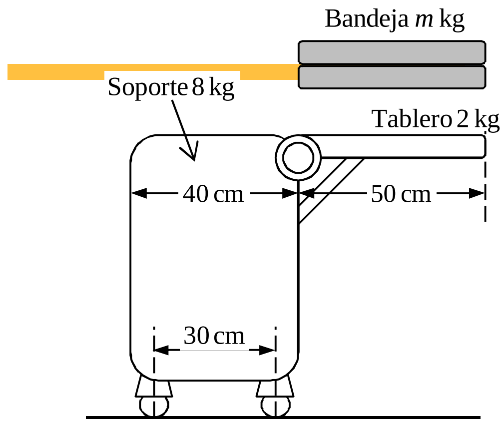
Como los valores de *m*, N_1 y N_2 no son independientes, tenemos que preguntarnos qué relación ha de haber entre ellos para que se produzca el vuelco de la mesa. Véase apartado siguiente.

PROBLEMA 4

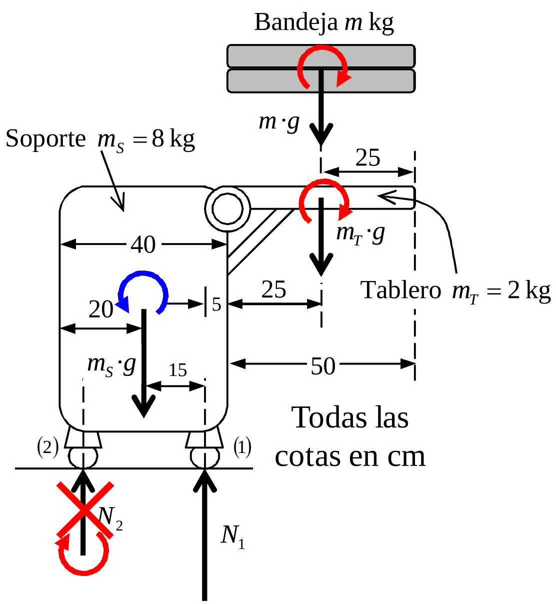
(continuación). Una mesa de hospital que se emplea para servir las bandejas de comida a los pacientes consta de un cajón principal como soporte y un tablero desplegable de las dimensiones y masas indicadas en la figura.

(a) Dibujar el diagrama de sólido libre del conjunto suponiendo que colocamos una bandeja de masa *m* kg bien centrada encima del tablero. Identifique y represente en su lugar todas las fuerzas que intervienen.

(b) Si se colocase una bandeja de peso excesivo encima del tablero, la mesa podría volcar. Explicar razonadamente qué criterio deberemos adoptar para determinar la máxima masa posible a colocar sobre el tablero sin que la mesa vuelque, y determinar el valor de dicha masa.



(b) Escribimos la ecuación de momentos tomando como origen el apoyo (1): $N_2 \times 35 - m_S \cdot g \times 15 + m_T \cdot g \times 30 + m \cdot g \times 30 = 0$



Momento de N_1 respecto a (1) = 0, pues N_1 pasa por dicho punto de apoyo.

Cuando $m = \frac{1}{2} m_S - m_T$ N_2 se anula

$$N_2 \times (15+15) - m_S \cdot g \times 15 + m_T \cdot g \times (25+5) + m \cdot g \times (25+5) = 0$$

Relación entre N_2 y m: $N_2 = \frac{1}{2} m_S \cdot g - m_T \cdot g - m \cdot g$

El mínimo valor posible para N_2 es cero: cuando la masa *m* de la bandeja sea lo bastante grande, la reacción N_2 se anulará. La masa *m* necesaria para que esto ocurra es:

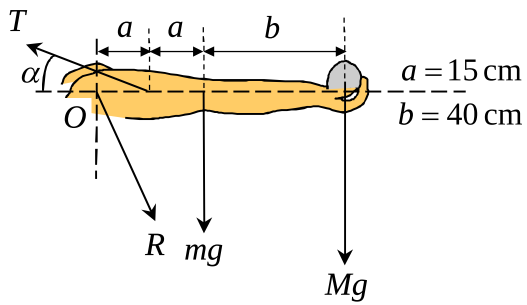
$$\text{Si } N_2 = 0 \Rightarrow \quad m \cdot g = \frac{1}{2} m_S \cdot g - m_T \cdot g \longrightarrow m = \frac{1}{2} m_S - m_T$$

La interpretación física es que cuando *m* es lo suficientemente grande para anular N_2, el peso del soporte, del tablero y de la bandeja gravita únicamente sobre el apoyo (1), y es en ese momento cuando el conjunto está a punto de volcar, porque la suma de los momentos en sentido horario de los pesos de bandeja y tablero es igual al momento en sentido antihorario del soporte.

Valor máximo de la masa de la bandeja: $m = \frac{1}{2} \times 8 - 2 = 2$ kg

PROBLEMA 5

La figura muestra un brazo (masa m = 3.50 kg) sosteniendo una bola de masa M. Se indican las fuerzas que actúan y sus respectivos puntos de aplicación. Si el músculo deltoides, que se inserta formando un ángulo α = 15.4º, puede soportar como máximo una tensión T = 2500 N, calcular cuál es el máximo valor de la masa M que puede sostenerse con el brazo extendido y cuál es el valor de la fuerza de reacción R indicada en la figura (módulo y ángulo respecto a la horizontal).



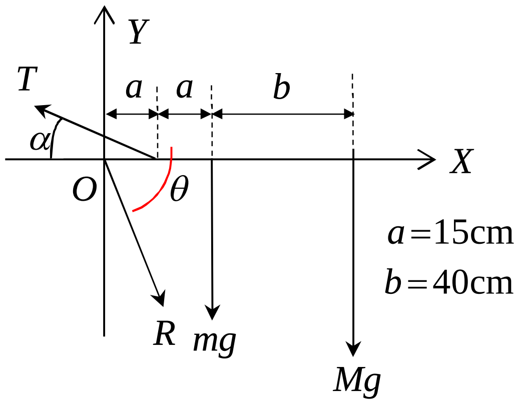
Equilibrio de momentos respecto al punto O: $\sum M_O = 0 \implies -a\cdot T\cdot\sin\alpha + 2a\cdot mg + (2a+b)\cdot Mg = 0$

De esta ecuación despejamos la masa máxima M correspondiente a la máxima tensión T:

$$M = \frac{a\cdot T\cdot\sin\alpha - 2a\cdot mg}{(2a+b)\cdot g} = \frac{0.15\cdot 2500\cdot\sin 15.4º - 0.30\cdot 3.5\cdot 9.8}{(0.30+0.40)\cdot 9.8} = 13\ \text{kg}$$

Equilibrios de fuerzas: Eje X Eje Y

$$\sum F_X = 0 \quad \sum F_Y = 0 \quad \left\{\begin{array}{l} T\sin\alpha - R\sin\theta - mg - Mg = 0 \\ -T\cos\alpha + R\cos\theta = 0 \end{array}\right.$$



$$R\sin\theta = T\sin\alpha - mg - Mg$$

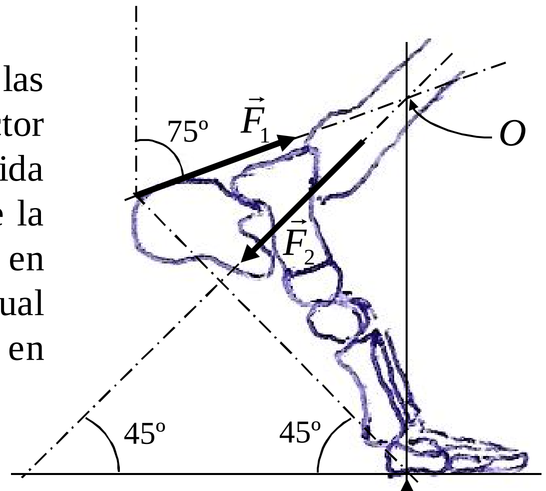
$$R\cos\theta = T\cos\alpha$$

$$\tan\theta = \frac{T\sin\alpha - mg - Mg}{T\cos\alpha} = 0.2083 \implies \theta = 11.7º$$

$$R = T\frac{\cos\alpha}{\cos\theta} \implies R = 2462\text{N}$$

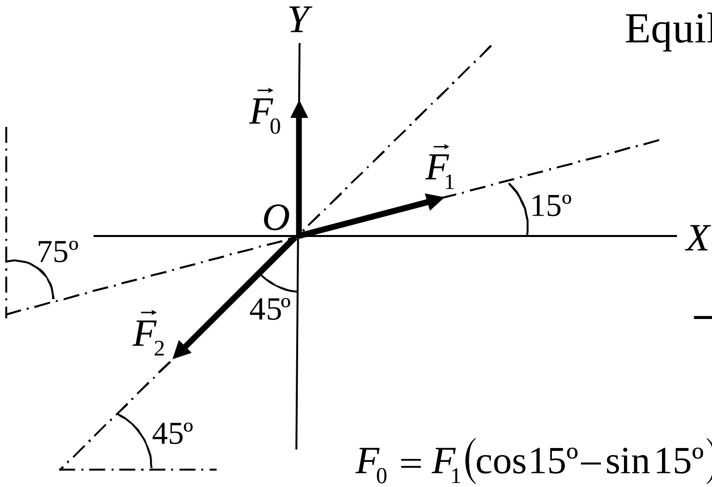
PROBLEMA 6

Una bailarina de 584 N de peso se pone de puntillas. El diagrama de las fuerzas que actúan sobre su pie se presenta en la figura adjunta. El vector $\boldsymbol{F_0}$ es la reacción normal del suelo sobre el pie, $\boldsymbol{F_1}$ es la tensión ejercida por el tendón de Aquiles, y $\boldsymbol{F_2}$ es la fuerza ejercida por los huesos de la pierna sobre el pie. Las líneas de acción de las tres fuerzas concurren en el punto *O*. Considerando que el peso del cuerpo se reparte por igual entre ambos pies, hágase un diagrama de las tres fuerzas concurrentes en *O* y determinar el valor de $\boldsymbol{F_1}$ y de $\boldsymbol{F_2}$.



Como el peso del cuerpo $\boldsymbol{W}$ se reparte equitativamente sobre ambos pies, la reacción normal será igual a la mitad del peso:

$$F_0 = W/2 = 584/2 = 292\ \text{N}$$



Equilibrio estático: suma de fuerzas igual a cero

$$\sum F_X = F_1 \cos 15^\circ - F_2 \sin 45^\circ = 0$$

$$\sum F_Y = F_0 + F_1 \sin 15^\circ - F_2 \cos 45^\circ = 0$$

$$-F_1 \cos 15^\circ \cos 45^\circ + F_2 \sin 45^\circ \cos 45^\circ = 0$$

$$F_0 \sin 45^\circ + F_1 \sin 15^\circ \sin 45^\circ - F_2 \cos 45^\circ \sin 45^\circ = 0$$

$$F_0 \sin 45^\circ + F_1 (\sin 15^\circ \sin 45^\circ - \cos 15^\circ \cos 45^\circ) = 0$$

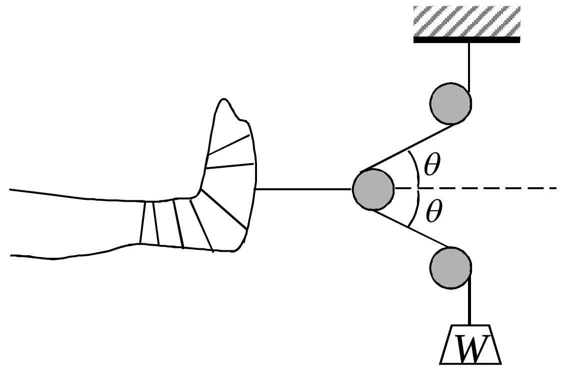
$$F_0 = F_1 (\cos 15^\circ - \sin 15^\circ)$$

$$F_1 = \frac{F_0}{\cos 15^\circ - \sin 15^\circ} = \frac{292}{0.9659 - 0.2588} = 413\ \text{N}$$

$$F_2 = \frac{\cos 15^\circ}{\sin 45^\circ} F_1 = \left(\frac{\cos 15^\circ}{\sin 45^\circ}\right) \frac{F_0}{(\cos 15^\circ - \sin 15^\circ)} = \left(\frac{0.9659}{0.7071}\right) \frac{292}{(0.9659 - 0.7071)} = 564\ \text{N}$$

PROBLEMA 7

Un accidentado requiere que se le aplique tracción en la pierna, lo cual se consigue mediante un sistema de poleas como el mostrado en la figura.
(a) Dibujar el diagrama de fuerzas sobre la polea central, y para un ángulo θ = 60º, determinar qué peso W hay que colgar para que la tracción sea de 50 N.
(b) Si el ángulo fuese de 45º y se mantiene colgada la misma pesa del apartado anterior, ¿cuál sería la tracción sobre la pierna?



(a) Como la situación es estática (poleas en reposo, no giran) la tensión de la cuerda es la misma en todos los tramos. Las poleas únicamente sirven para cambiar de dirección.

Todas las poleas están en reposo, luego la suma de las fuerzas que actúan sobre cada una debe ser cero.

Requisito del enunciado: $F = 50$ N

$$\sum F_X = 2W\cos\theta - F = 0$$

$$W = \frac{F}{2\cos\theta} = \frac{50}{2\cdot(1/2)} = 50 \text{ N}$$

Diagrama de fuerzas polea central

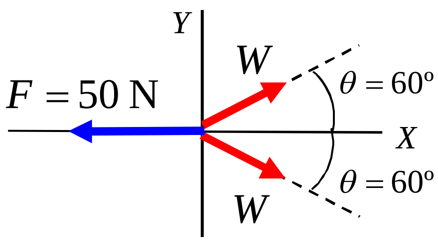
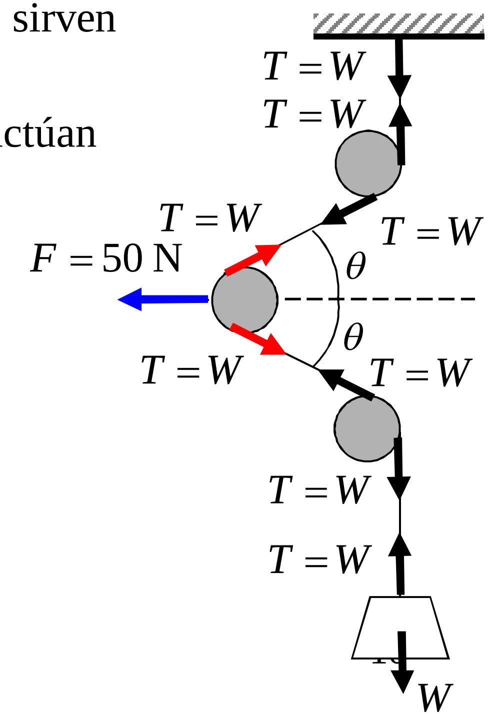


Diagrama de fuerzas

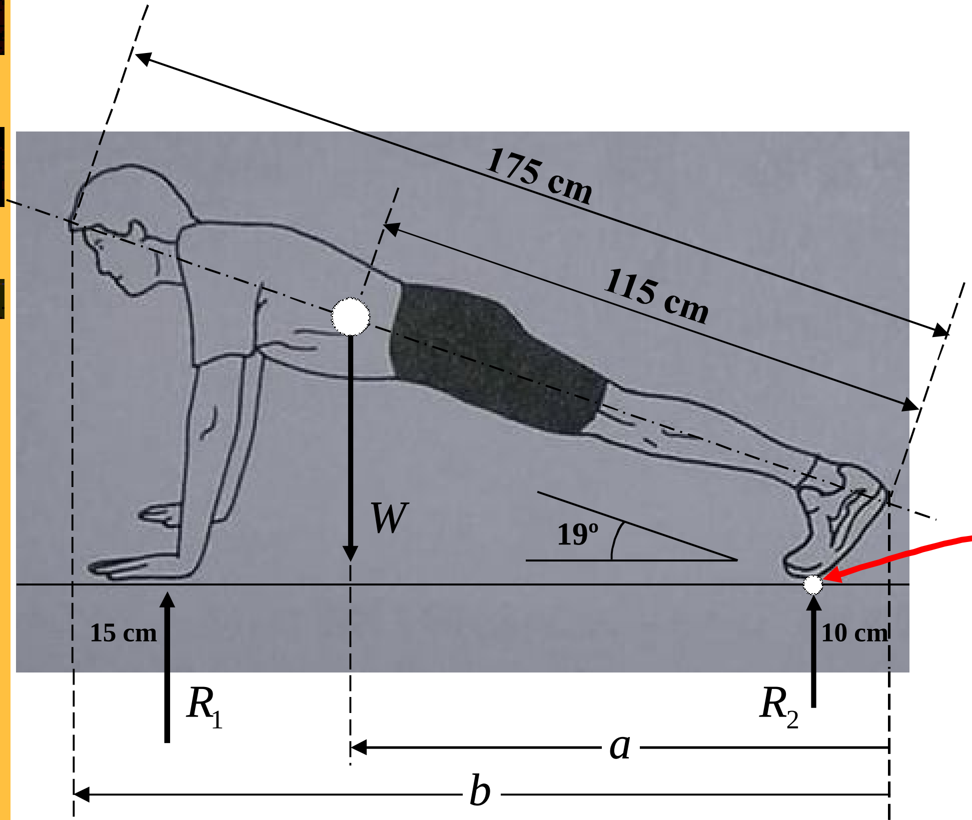


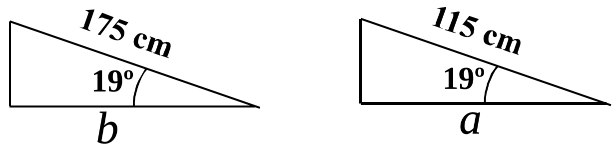
(b) Mismo W = 50 N, distinto ángulo θ' = 45º, la nueva tracción es F'

$$\sum F'_X = 2W\cos\theta' - F' = 0 \qquad F' = 2W\cos\theta' = 2\cdot 50\cdot\cos 45º = 50\sqrt{2}\text{ N}$$

PROBLEMA 8

Un atleta de 68 kg y 175 cm de estatura está haciendo flexiones sobre un suelo horizontal. Calcular las reacciones R_1 y R_2 (en las manos y en las punteras de las deportivas, respectivamente) cuando adopta la postura indicada en el diagrama, en la que el eje de su cuerpo forma un ángulo de 19º con la horizontal.





$$\cos 19^\circ = \frac{a}{115} \rightarrow a = 115 \cdot \cos 19^\circ = 108.7\ \text{cm}$$

$$\cos 19^\circ = \frac{b}{175} \rightarrow b = 175 \cdot \cos 19^\circ = 165.5\ \text{cm}$$

Suma de fuerzas $\quad R_1 + R_2 - W = 0$

Ecuación de momentos $\quad R_1(b - 15 - 10) - W(a - 10) = 0$

$$R_1 = W\left(\frac{a-10}{b-25}\right) = 68 \times 9.8\left(\frac{108.7-10}{165.5-25}\right)$$

$$R_1 = 468.4\ \text{N} = 47.8\ \text{kgf (kp)}$$

$$R_2 = W - R_1 = 68 \times 9.8 - 468.4 = 666.4 - 468.4 = 198.0\ \text{N} = 20.2\ \text{kgf (kp)}$$

Los valores de R_1 y R_2 así calculados corresponden a las reacciones sobre las dos manos y los dos pies; la reacción en cada mano y cada pie será la mitad de dichos valores.

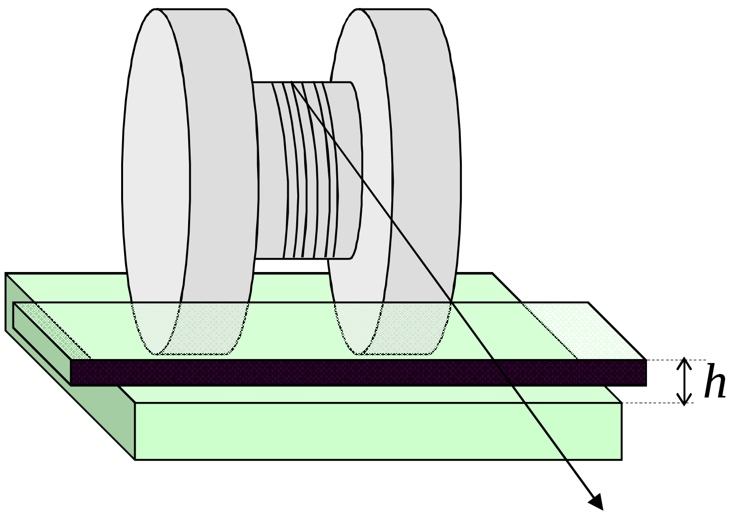
PROBLEMA 9

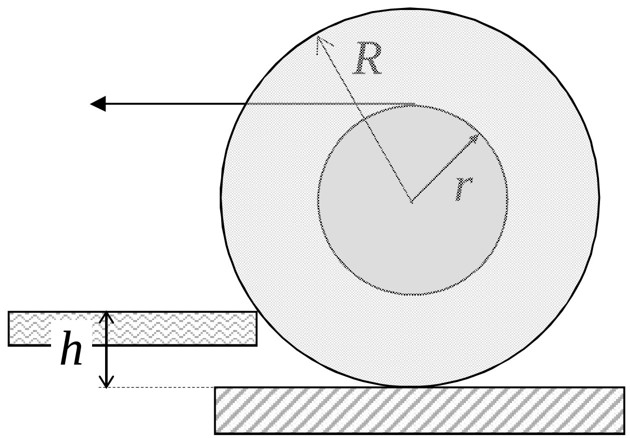
Un tambor de radio *r* que une simétricamente dos cilindros de radio *R* lleva arrollado un hilo del cual se tira horizontalmente según se muestra en las figuras. El conjunto de tambor y cilindros está colocado sobre una plataforma plana y apoyado sobre un escalón de altura *h*. El peso del conjunto es *W*, y se supone que el hilo arrollado sobre el tambor no se desliza cuando se somete a tensión. Se pide:

a) Calcule el ángulo que forma con la horizontal la fuerza que el escalón hace sobre el sólido.

b) Determine el valor de la reacción normal de la plataforma sobre el sólido cuando la tensión del hilo es *T* newton.

c) Calcule qué tensión mínima hay que aplicar al hilo para que el sólido remonte el escalón.





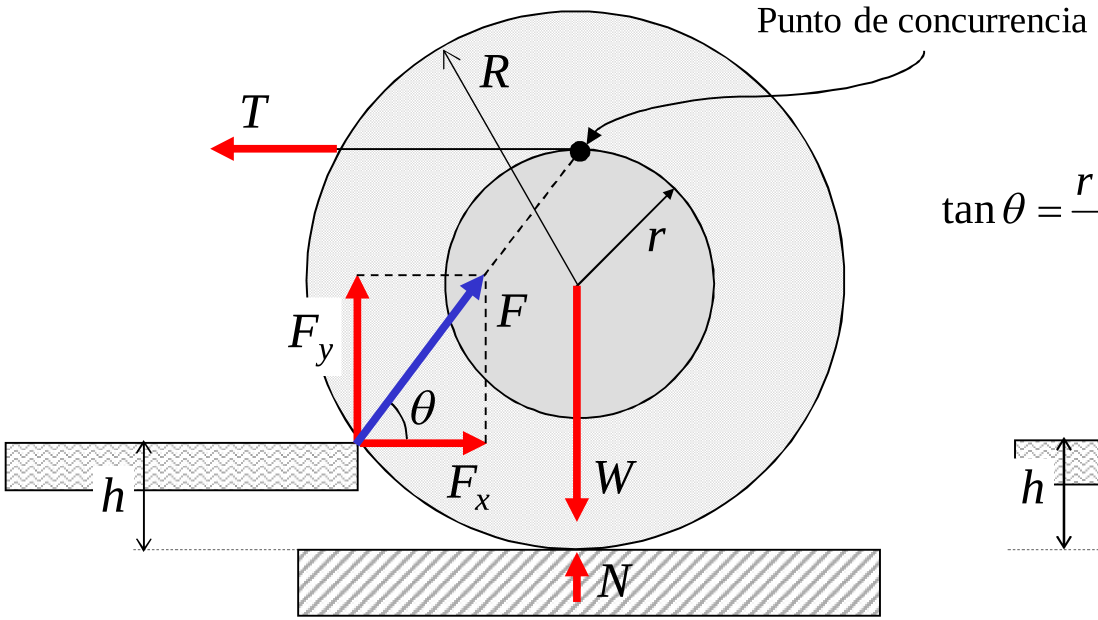
Valores numéricos

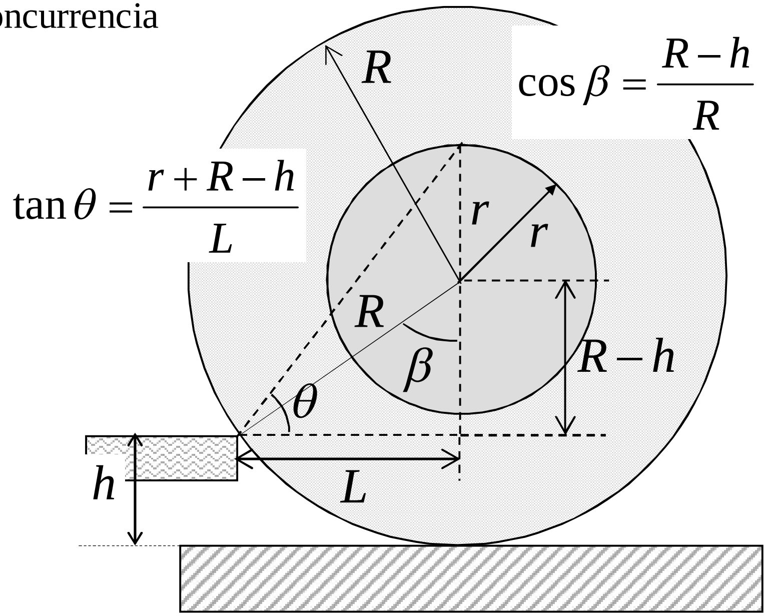
	A
r (m) =	0,15
R (m) =	0,30
h (m) =	0,05
W (kp) =	0,200
T (kp) =	0,050

PROBLEMA 9 (CONTINUACIÓN)

a) Calcule el ángulo que forma con la horizontal la fuerza que el escalón hace sobre el sólido.

Se trata de un sistema plano de fuerzas concurrentes que proceden de tres direcciones distintas (la vertical, la horizontal y la dirección de la fuerza que el escalón aplica sobre el sólido). Por tanto, habrá equilibrio estático cuando las tres direcciones sean concurrentes: el punto común es la parte superior del tambor, y a partir de ahí determinaremos la dirección de la fuerza *F* aplicada por el escalón sobre el sólido.





$$L = R\sin\beta = R\sqrt{1-\cos^2\beta} = R\sqrt{1-(R-h)^2/R^2} = \sqrt{R^2-\left(R^2+h^2-2R\cdot h\right)} = \sqrt{2R\cdot h-h^2}$$

$$\tan\theta = \frac{r+R-h}{\sqrt{2R\cdot h-h^2}} \qquad \boxed{\theta = \tan^{-1}\left(\frac{r+R-h}{\sqrt{2R\cdot h-h^2}}\right)}$$

PROBLEMA 9 (CONTINUACIÓN)

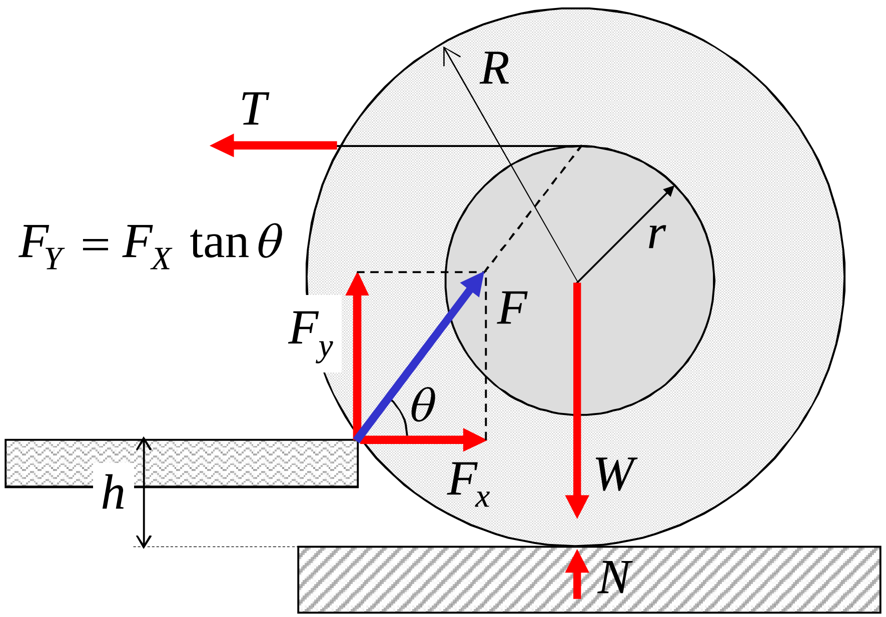
b) Determine el valor de la reacción normal de la plataforma sobre el sólido cuando la tensión del hilo es T newton.

$$-T + F_X = 0 \qquad F_X = T$$

$$F_Y + N - W = 0 \qquad F_Y = W - N$$

$$W - N = \tan\theta \cdot T \qquad N = W - \tan\theta \cdot T$$

$$F_Y = F_X \tan\theta$$



		A
	r (m) =	0,15
	R (m) =	0,30
	h (m) =	0,05
	W (kp) =	0,200
	T (kp) =	0,050
	W (N) =	1,960
	T (N) =	0,490
a)	θ (rad) =	1,1778
	θ (º) =	**67,5**
b)	**N (N) =**	**0,778**
	N (kp) =	0,079
c)	**T_{min} (N) =**	**0,813**
	T_{min} (kp) =	0,083

c) Calcule qué tensión mínima hay que aplicar al hilo para que el sólido remonte el escalón.

El sólido remonta cuando el módulo de la normal es nulo (en ese momento la componente vertical de la fuerza F equilibra al peso)

$$T_{\min} = \frac{W}{\tan\theta}$$

A
J
B

Lecciones de Física

PROBLEMA 10

Una pesa W = 0.50 kp está colgada de una anilla A sujeta por un muelle AB y un cable AC. El muelle sin tensión tiene una longitud natural l_0 = 32 cm, mientras que cuando sujeta la anilla en la situación mostrada en la figura 1.a su longitud es l = 36 cm. El cable AC es inextensible y su longitud es d = 40 cm. La anilla se encuentra situada una altura h = 20 cm por debajo de la línea horizontal BC. Se pide:

a) Determinar la tensión del cable AC y la constante elástica del muelle (en N/m).

b) Si la misma pesa W se cuelga de la anilla según muestra la figura 1.b, habiendo reemplazado el cable AC por un muelle idéntico al AB de tal manera que la anilla está ahora a una distancia h' = 25 cm por debajo de los puntos de fijación de ambos muelles ¿cuál será ahora la longitud de cada muelle y qué ángulo forman entre sí?

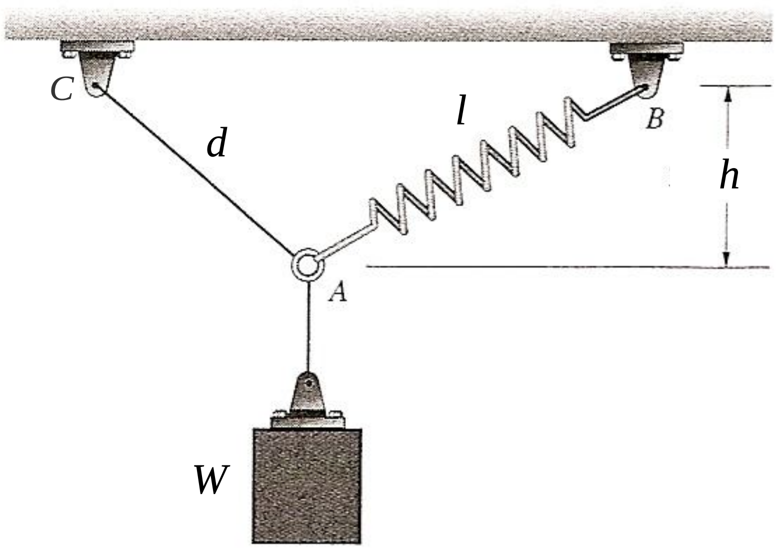


Figura 1.a

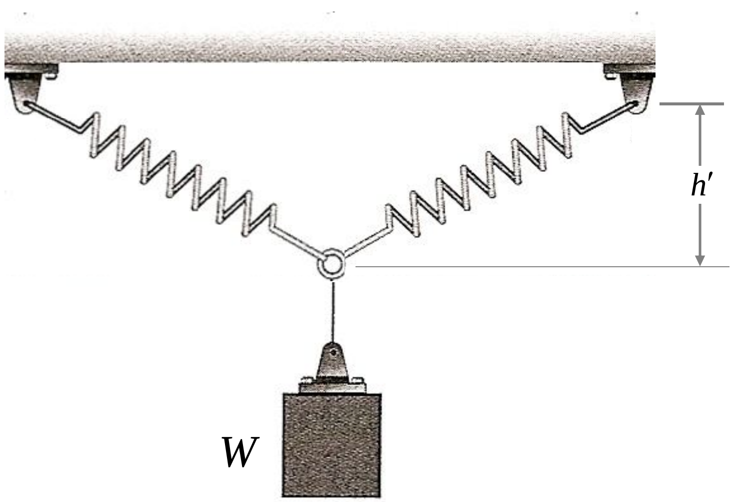
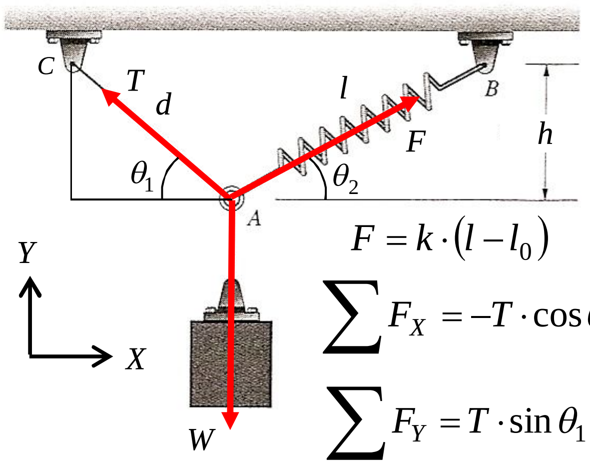


Figura 1.b

PROBLEMA 10 (CONTINUACIÓN)

Apartado a) Datos h, d, l, l_0, W



$$F = k \cdot (l - l_0)$$

$$\sin\theta_1 = \frac{h}{d}, \quad \sin\theta_2 = \frac{h}{l} \quad \Big\} \; \theta_1, \theta_2 \to \text{conocidos} \; \begin{cases} \theta_1 = \sin^{-1}\left(\dfrac{h}{d}\right) \\ \theta_2 = \sin^{-1}\left(\dfrac{h}{l}\right) \end{cases}$$

$$\sum F_X = -T \cdot \cos\theta_1 + F \cdot \cos\theta_2 = 0$$

$$\sum F_Y = T \cdot \sin\theta_1 + F \cdot \sin\theta_2 - W = 0$$

$$-T \cdot \cos\theta_1 \cdot \sin\theta_1 + F \cdot \sin\theta_1 \cdot \cos\theta_2 = 0$$

$$T \cdot \cos\theta_1 \cdot \sin\theta_1 + F \cdot \cos\theta_1 \cdot \sin\theta_2 = W \cdot \cos\theta_1$$

$$F \cdot (\sin\theta_1 \cdot \cos\theta_2 + \cos\theta_1 \cdot \sin\theta_2) = W \cdot \cos\theta_1$$

$$F \cdot \sin(\theta_1 + \theta_2) = W \cdot \cos\theta_1$$

$$F = W \cdot \frac{\cos\theta_1}{\sin(\theta_1 + \theta_2)}$$

$$T = W \cdot \frac{\cos\theta_2}{\sin(\theta_1 + \theta_2)}$$

Una vez obtenido el valor de F, la constante elástica del muelle se determina de

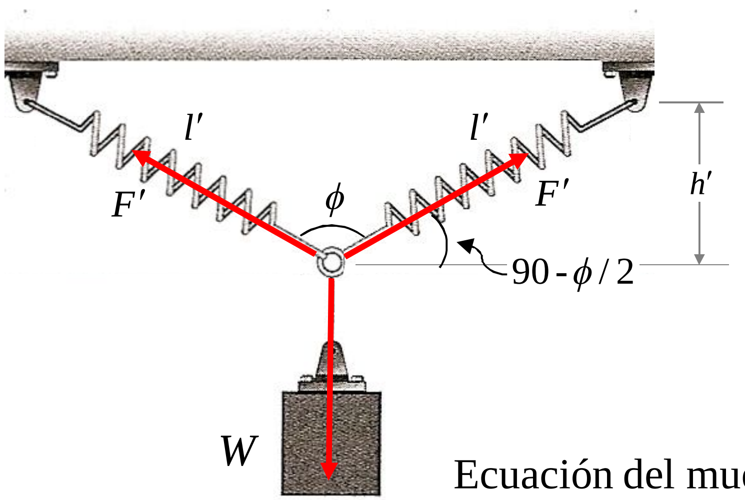
$$k = \frac{W}{(l - l_0)} \cdot \frac{\cos\theta_1}{\sin(\theta_1 + \theta_2)}$$

h, d, l, l_0, W

		Unidades sistema internacional
h (cm) =	**20**	0,20
d (cm) =	**40**	0,40
l (cm) =	**36**	0,36
l_0 (cm) =	**32**	0,32
W (kp) =	**0,50**	4,90
θ_1 (rad) =		0,5236
θ_1 (º) =		30,00
θ_2 (rad) =		0,5890
θ_2 (º) =		33,75
F (N) =		4,73
k (N/m) =		**118,3**
T (N) =		**4,54**

PROBLEMA 10 (CONTINUACIÓN)

Apartado b) Datos h', k, l_0, W Se pide l', ϕ



Ahora la fuerza en cada muelle es la misma, dada la simetría del problema. Sea *F'* dicha fuerza.

Suma de fuerzas en el eje vertical

$$2F' \cdot \cos(\phi/2) - W = 0$$

Geometría del problema

$$\sin(90 - \phi/2) = \frac{h'}{l'} \longrightarrow \cos(\phi/2) = \frac{h'}{l'} \quad (*)$$

Ecuación del muelle $F' = k \cdot (l' - l_0)$ (**)

Sustituyendo las ecuaciones (*) y (**) en la suma de fuerzas en el eje vertical $2k \cdot (l' - l_0) \cdot \frac{h'}{l'} - W = 0$

$$\frac{l' - l_0}{l'} = \frac{W}{2k \cdot h'} \qquad l' - l_0 = \frac{W}{2k \cdot h'} \cdot l' \qquad l' \cdot \left(1 - \frac{W}{2k \cdot h'}\right) = l_0 \qquad l' = \frac{2k \cdot h'}{2k \cdot h' - W} \cdot l_0$$

Puesto que $\cos(\phi/2) = \frac{h'}{l'}$

$$\cos(\phi/2) = \frac{2k \cdot h' - W}{2k \cdot l_0}$$

$$\phi = 2\cos^{-1}\left(\frac{2k \cdot h' - W}{2k \cdot l_0}\right)$$

h' (cm) = 25

h', k, l_0, W

Unidades sistema internacional

h' (m) =	0,25
l_0 (m) =	0,32
k (N/m) =	118,3
W (N) =	4,90
l' (m) =	**0,35**
cos(φ/2) =	0,7165
φ (rad) =	1,5440
ϕ (º) =	**88**