



Ministerio de
Educación, Cultura,
Ciencia y Tecnología
Unico Gobierno de todos

Subsecretaría de Fortalecimiento
de Trayectorias Estudiantiles



UNIVERSIDAD
TECNOLÓGICA NACIONAL
FACULTAD REGIONAL
RESISTENCIA

Secretaría de Políticas
Universitarias



Ministerio de Educación
Argentina

INTRODUCCIÓN A LA INGENIERÍA

MÓDULO FÍSICA

TEMA 5 DINÁMICA



TEMA 5: DINÁMICA

En esta unidad se estudian los movimientos de los cuerpos, teniendo en cuenta qué fuerzas los ocasionan y los efectos que producen dichos movimientos. O sea causas y efectos del movimiento de los cuerpos.

El problema del movimiento fue, durante siglos, el tema central de los científicos al tratar la mecánica de los cuerpos. Se pensaba que:

- Para sacar a un cuerpo de su estado de reposo, era necesario aplicarle una **fuerza**
- Para mantenerlo en movimiento se requería también de la acción de una **fuerza** porque, caso contrario, el cuerpo dejaba de moverse
- Para que el cuerpo cesara su movimiento se debía ejercer sobre él una **fuerza** para detenerlo
- Para que el cuerpo quedara en reposo no era necesario la acción de ninguna **fuerza** que actuara sobre él. Por ser este su "estado natural"

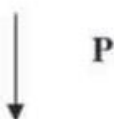
Para esto haremos un repaso de:

FUERZA (F): Es el esfuerzo que hay que realizar para levantar un objeto, desplazar un cuerpo, para patear una pelota, etc.

Las fuerzas son magnitudes vectoriales esto significa que tienen dirección, sentido y módulo, es por eso que se pueden representar mediante vectores.



PESO (P): es una fuerza cuya dirección es vertical y su sentido es hacia la tierra. Y posee las mismas unidades que una fuerza. Es la fuerza con que caen los cuerpos hacia el centro de la tierra, atraídos por la fuerza de gravedad del lugar.



Nota: En esta unidad tendremos que tener en cuenta los tres sistemas de unidades que se emplean y que figuran en la tabla de unidades que son: **M.K.S. (metro, kilogramo, segundo)** - **c.g.s. (centímetro, gramo, segundo)** y **TÉCNICO**

Dinámica:

Se basa en tres principios o leyes enunciados por Isaac Newton, físico inglés, que son:

- Principio de Inercia
- Principio de masa
- Principio de Acción y Reacción

Estudiaremos cada principio en profundidad para entender los alcances de cada uno.



✚ Principio de Inercia:

"Todo cuerpo permanece en reposo o en movimiento rectilíneo uniforme si sobre el no actúa ninguna fuerza externa"

✚ Principio de masa:

"Cuando a un cuerpo se le aplica una fuerza, este adquiere una aceleración que es directamente proporcional a la fuerza que se aplico e inversamente proporcional a su masa".

De allí se desprende la siguiente fórmula:

$$a = \frac{F}{m} \Rightarrow \boxed{F = m \cdot a}$$

MASA (m): es la cantidad de materia que compone a un cuerpo.

La masa es una magnitud escalar y es una constante del cuerpo mientras que el peso es una magnitud vectorial y varía según la fuerza de gravedad del lugar.

La fórmula que relaciona estas magnitudes es la siguiente:

$$\boxed{P = m \cdot g}$$

Aquí definiremos las unidades:

$$m = \frac{F}{a} \Rightarrow \text{la unidad de masa en el Técnico es: } [m] = \frac{\frac{\overrightarrow{Kg}}{m}}{\frac{seg^2}{m}} = \frac{\overrightarrow{Kg} \cdot seg^2}{m} = \text{U.T.(m)}$$

U.T.(m) se denomina unidad técnica de masa

Unidades de fuerza:

$$[F] = kg \cdot m / seg^2 = N \text{ (Newton)}$$

en el **M.K.S.**

$$[F] = gr. cm / seg^2 = dina$$

en el **c.g.s.**

$$[F] = \text{U.T.(m)} \cdot m / seg^2 = kgf$$

en el **Técnico**

Para pasar de un sistema a otro se debe hacer pasaje de unidades teniendo en cuenta las equivalencias y se aplica regla de tres simple:

Fuerzas:

Del sistema M.K.S. al sistema c.g.s. $\Rightarrow 1kgf = 9,8N = 980.000 \text{ dina}$

Masas:

Del sistema M.K.S. al sistema Técnico $\Rightarrow 1kg \text{ (masa)} = 0,102 \text{ U.T.(m)}$

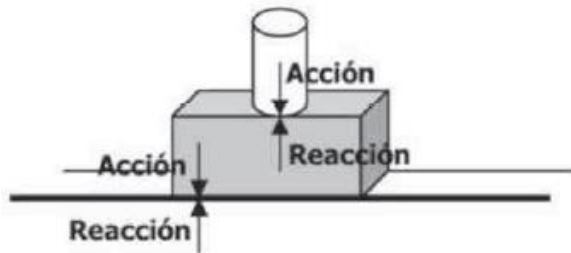
1kg (masa) pesa aproximadamente 1kgf

✦ Principio de acción y reacción:

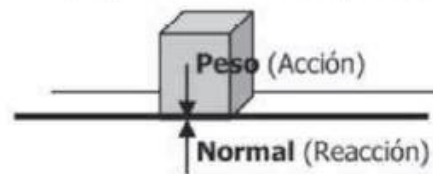
"Si sobre un cuerpo actúa una fuerza, llamada acción, este produce una fuerza de igual dirección, igual módulo y sentido contrario denominada reacción"

Este es el principio que explica porque los cuerpos que están sobre alguna superficie no se caen, es el principio de equilibrio.

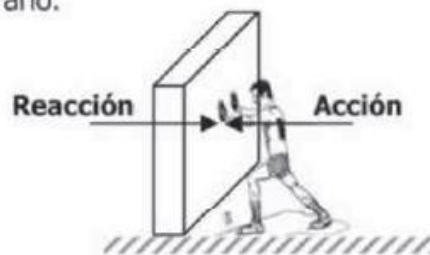
En la figura observamos este principio entre la superficie de apoyo y el cuerpo mayor y también entre el cuerpo mayor y el menor.



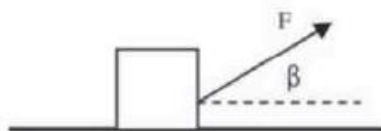
La Normal es una reacción de igual intensidad y dirección que la resultante de todas las fuerzas perpendiculares a una superficie y de sentido contrario



En la siguiente figura observamos la reacción producida al empujar una pared, de igual dirección e intensidad y de sentido contrario.



APLICACIONES DEL PRINCIPIO DE MASA EN CASOS PARTICULARES



Si la fuerza no es paralela a la superficie de desplazamiento como muestra la figura, se debe tener en cuenta el ángulo que forma la misma con la horizontal y para el cálculo de la **F**, **m** ó **a** se debe aplicar la siguiente fórmula:

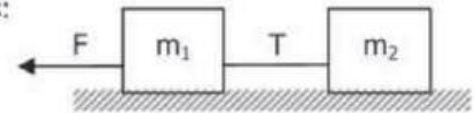
$$F \cdot \cos\beta = m \cdot a$$

DIAGRAMA DE CUERPOS LIBRES

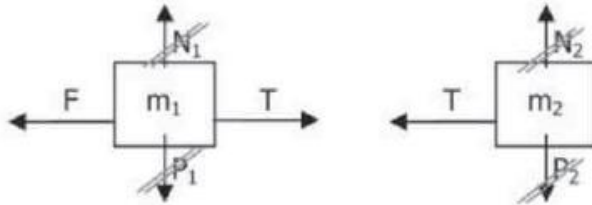
En el caso de tener dos o más cuerpos sujetos entre sí como muestra la figura y a los cuales se los desplaza por medio de la fuerza **F**, se debe tener en cuenta que todo el sistema se moverá con una única aceleración (**a**).

En dichos sistemas también se pueden calcular las tensiones (**T**) que soportan las cuerdas o sogas que los sujetan.

Veamos algunos ejemplos de diagramas de cuerpos libres:



Diagramas de cuerpos libres:



Nota1: Los pesos y las normales se contrarrestan entre sí y no producen movimiento en esa dirección.

Nota2: En esta unidad no tomaremos en cuenta la fuerza de rozamiento para simplificar el estudio de las otras fuerzas, es por ello que no las ponemos en los diagramas.

Para hallar la aceleración del sistema y/o las tensiones de las cuerdas se debe plantear el principio de masa en cada cuerpo por separado, obteniendo una ecuación por cada uno de ellos que denominamos diagrama de cuerpos libres.

Ejemplo: Si en el gráfico la $m_1 = 2\text{kg}$ y $m_2 = 3\text{kg}$ y la $F = 5\text{N}$
Las ecuaciones que debemos plantear son las siguientes

Para el cuerpo uno $\Rightarrow \vec{F} - \vec{T} = m_1 \cdot a$

Para el cuerpo dos $\Rightarrow \vec{T} = m_2 \cdot a$

Resolvemos el sistema de ecuaciones aplicando en este caso sustitución para poder despejar la aceleración del sistema del sistema:

$$\vec{F} - (m_2 \cdot a) = m_1 \cdot a \Rightarrow \vec{F} = m_1 \cdot a + m_2 \cdot a \Rightarrow \vec{F} = a(m_1 + m_2)$$

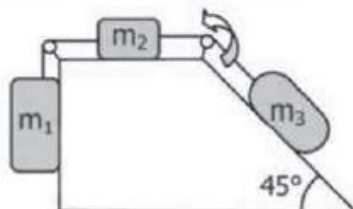
Sustituimos en la primera ecuación el valor de "T" por " $m_2 \cdot a$ "

$$\frac{\vec{F}}{m_1 + m_2} = a \Rightarrow a = \frac{5\text{N}}{2\text{Kg} + 3\text{Kg}} \Rightarrow a = \frac{5 \frac{\text{Kg} \cdot \text{m}}{\text{seg}^2}}{5\text{Kg}} \Rightarrow \boxed{a = 1 \frac{\text{m}}{\text{seg}^2}}$$

Con el valor de la aceleración podemos calcular la tensión de la cuerda que sujeta a los cuerpos:

$$\vec{T} = m_2 \cdot a \Rightarrow \vec{T} = 3\text{Kg} \cdot 1 \frac{\text{m}}{\text{seg}^2} \Rightarrow \boxed{\vec{T} = 3\text{N}}$$

Veamos otro ejemplo:

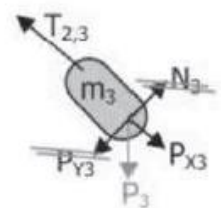
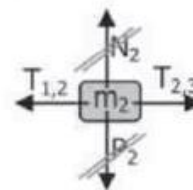
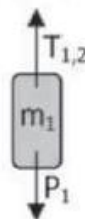


Datos:

$$m_1 = 20\text{Kg} \quad m_2 = 10\text{Kg} \quad m_3 = 4\text{Kg}$$

Al plantear las ecuaciones tenemos un sistema de 3 ecuaciones con 3 incógnitas ($T_{1,2}$; $T_{2,3}$ y a)

Aquí por el valor de las masas suponemos que girará en sentido anti horario, si hacemos mal esta suposición el valor de "a" nos dará negativo pero correcto en su valor absoluto.



Ecuaciones:

$$\begin{cases} \vec{P}_1 - \vec{T}_{1,2} = m_1 \cdot a \\ \vec{T}_{1,2} - \vec{T}_{2,3} = m_2 \cdot a \\ \vec{T}_{2,3} - \vec{P}_3 \cdot \text{Sen}(45^\circ) = m_3 \cdot a \end{cases}$$

Fuerzas de Rozamiento

En esta unidad estudiaremos la naturaleza de las fuerzas de rozamiento entre superficies planas.

Cuando intentamos mover un cuerpo que se encuentra apoyado sobre una superficie, notamos que no siempre al aplicarle una fuerza se produce una aceleración, es decir, que no siempre movemos al cuerpo.

Esto se debe a que hay fuerzas que se oponen al movimiento de los cuerpos que son las fuerzas de rozamiento.

Si la fuerza que aplicamos es mayor a las fuerzas de rozamiento, entonces sí moveremos el cuerpo, si la fuerza que aplicamos no supera a las fuerzas de rozamiento, no lo moveremos.

En primer lugar diferenciaremos dos tipos de fuerza de rozamiento.

- Al principio, al intentar mover un cuerpo apoyado en una superficie, se nos opone una fuerza llamada **"Fuerza de Rozamiento Estática"**
- Luego, una vez que el cuerpo está en movimiento, para seguir moviéndolo necesitamos una fuerza menor, esto se debe a que la fuerza de rozamiento estática ya no está actuando, sino que está actuando una fuerza algo menor, llamada **"Fuerza de rozamiento dinámica"**

Algo que tienen en común ambas fuerzas de rozamiento es que siempre su dirección es la misma de la fuerza que se aplica y su sentido es contrario.



Otra característica en común entre ambas fuerzas de rozamiento es que ambas dependen, por un lado de la masa a mover, y por otro lado de las superficies en contacto.

Es decir, mientras mayor sea la masa a mover, mayor rozamiento causará, tanto rozamiento estático como rozamiento dinámico.

Y por otro lado, como dijimos, las superficies de contacto son un factor fundamental que inciden en las fuerzas de rozamiento. Por ejemplo hay superficies que oponen menor rozamiento al movimiento como el hielo o los metales pulidos y superficies que oponen mayor resistencia como la madera rugosa o el empedrado. Como veremos más adelante las superficies juegan un papel fundamental en las fuerzas de rozamiento ya que de ellas dependen los coeficientes de rozamiento.

✚ Fuerza de Rozamiento Estática

Como ya dijimos, esta fuerza tiene lugar cuando intentamos mover un cuerpo en reposo.

El valor de dicha fuerza se calcula con la fórmula:

$$F_{RE} = \mu_E \cdot N$$

Donde " μ_E " es el coeficiente de rozamiento estático que dependerá de las superficies en contacto. Este coeficiente no posee unidad, es solo un valor numérico.

Y " N " es la normal. La fuerza normal a la superficie, en un plano horizontal, es la reacción al Peso, cuya dirección en intensidad son idénticas a la dirección e intensidad del Peso y su sentido es contrario.

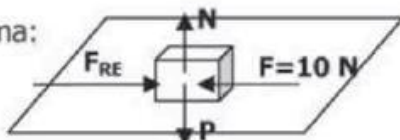
A continuación vemos una tabla de coeficientes en función de las superficies.

Materiales en contacto	μ_E
Acero // Hielo	0,03
Acero // Teflón	0,04
Teflón // Teflón	0,04
Hielo // Hielo	0,1
Esquí // Nieve (0°C)	0,1
Acero // Acero	0,15
Vidrio // Madera	0,2
Caucho // Cemento (húmedo)	0,3
Madera // Cuero	0,5
Acero // Latón	0,5
Madera // Madera	0,7
Madera // Piedra	0,7
Vidrio // Vidrio	0,9
Caucho // Cemento (seco)	1
Cobre // Hierro (fundido)	1,1

Veamos un ejemplo práctico

Se empuja un cuerpo de madera en reposo sobre una superficie horizontal también de madera con una fuerza de 10 N. Si la masa del cuerpo es de 2 Kg ¿Se logrará mover el cuerpo?

Hacemos un Diagrama:



Utilizamos la fórmula para calcular la fuerza de rozamiento estática: $F_{RE} = \mu_E \cdot N$

Como dijimos, la normal, es la reacción al peso de la superficie, por lo tanto su valor será el mismo que el peso, en este caso lo calculamos como $N = m \cdot g$

$$P = m \cdot g \Rightarrow N = 2 \text{ Kg} \cdot 9,8 \frac{\text{m}}{\text{seg}^2} \Rightarrow N = 19,6 \text{ N}$$

Y para saber el coeficiente de Rozamiento estático, buscamos en la tabla adjunta en esta página. En el caso de Madera Sobre Madera el valor es de: $\mu_E = 0,7$

Por lo tanto calculando F_{RE} : $F_{RE} = \mu_E \cdot N \Rightarrow F_{RE} = 0,7 \cdot 19,6 \text{ N} \Rightarrow F_{RE} = 13,72 \text{ N}$

Con lo cual podemos responder que en este caso no podremos mover el cuerpo con una fuerza de tan solo 10 N como nos decían en el enunciado, ya que para moverlo necesitamos superar a la fuerza de rozamiento estática cuyo valor es de 13,72 N

⚡ Fuerza de Rozamiento Dinámica

Como ya dijimos, esta fuerza tiene lugar para los cuerpos en movimiento.

El valor de dicha fuerza se calcula con la fórmula:

$$F_{RD} = \mu_D \cdot N$$

Donde " μ_D " es el coeficiente de rozamiento dinámico que dependerá de las superficies en contacto. Este coeficiente no posee unidad, es solo un valor numérico.

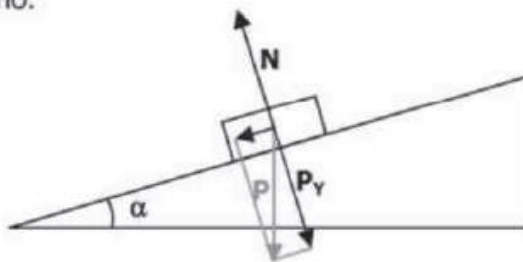
Y " N " es la normal. La fuerza normal a la superficie, en un plano horizontal, es la reacción al Peso, cuya dirección e intensidad son idénticas a la dirección e intensidad del Peso y su sentido es contrario.

A continuación vemos una tabla de coeficientes de rozamiento dinámicos en función de las superficies.

Materiales en contacto	μ_D
Acero // Hielo	0,02
Acero // Teflón	0,04
Teflón // Teflón	0,04
Hielo // Hielo	0,03
Esquí // Nieve (0°C)	0,05
Acero // Acero	0,09
Vidrio // Madera	0,25
Caucho // Cemento (húmedo)	0,25
Madera // Cuero	0,4
Acero // Latón	0,4
Madera // Madera	0,4
Madera // Piedra	0,3
Vidrio // Vidrio	0,4
Caucho // Cemento (seco)	0,8
Cobre // Hierro (fundido)	0,3

⚡ Fuerzas de rozamiento en un plano Inclinado

Cuando el rozamiento actúa sobre un plano inclinado, debemos tener cuidado con el cálculo de la Normal. Ya que su valor no será el valor del peso, sino el valor de su componente perpendicular al plano.

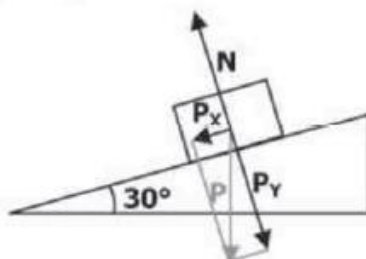


Utilizamos la fórmula para calcular la Normal:

$$\Rightarrow N = P \cdot \cos(\alpha)$$

Ejemplo de aplicación:

Se apoya un cuerpo que pesa 20 N, sobre un plano inclinado de 30°. Si las superficies del cuerpo y del plano inclinado son de madera ¿Caerá solo el cuerpo por el plano inclinado?



$$P_x = P \cdot \sin(\alpha) \Rightarrow P_x = 20N \cdot 0,5 \Rightarrow P_x = 10N$$

$$N = P \cdot \cos(\alpha) \Rightarrow N = 20N \cdot 0,866 \Rightarrow N = 17,32N$$

$$F_{RE} = \mu_E \cdot N \Rightarrow F_{RE} = 0,7 \cdot 17,32N \Rightarrow F_{RE} = 12,12N$$

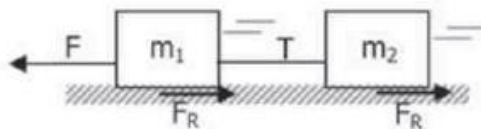
Por lo tanto, como el rozamiento es mayor a la fuerza sobre el plano inclinado (Componente sobre el plano del peso), el cuerpo no cae.

Fuerzas de Rozamiento en Sistemas en movimiento

En el caso de tener dos o más cuerpos sujetos entre sí como muestra la figura y a los cuales se los desplaza por medio de la fuerza $\vec{F}$, se debe tener en cuenta que todo el sistema se moverá con una única aceleración ($\vec{a}$).

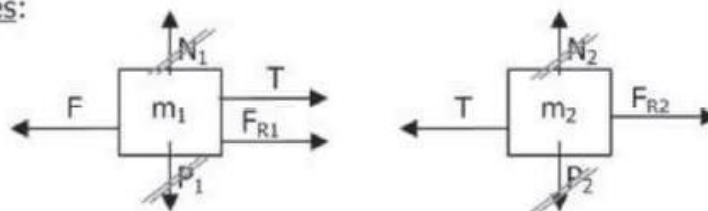
En dichos sistemas también se pueden calcular las tensiones ($\vec{T}$) que soportan las cuerdas o sogas que los sujetan.

Veamos cómo actúan las fuerzas de rozamiento en los diagramas de cuerpos libres:



En este ejemplo, el sistema ya estaba en movimiento uniforme al aplicarse $\vec{F}$

Diagramas de cuerpos libres:



Para hallar la aceleración del sistema y/o las tensiones de las cuerdas se debe plantear el principio de masa en cada cuerpo por separado, obteniendo una ecuación por cada uno de ellos.

Ejemplo: Si en el gráfico la $m_1 = 2\text{kg}$ y $m_2 = 3\text{kg}$ y la $F = 15\text{N}$ y además $\mu_D = 0,2$
Las ecuaciones que debemos plantear son las siguientes

$$\text{Para el cuerpo 1} \Rightarrow \vec{F} - \vec{T} - \vec{F}_{R1} = m_1 \cdot \vec{a}$$

$$\text{Para el cuerpo 2} \Rightarrow \vec{T} - \vec{F}_{R2} = m_2 \cdot \vec{a}$$

Sumamos ambas ecuaciones:

$$\vec{F} - \vec{F}_{R1} - \vec{F}_{R2} = m_1 \cdot \vec{a} + m_2 \cdot \vec{a} \Rightarrow \vec{F} - N_1 \cdot \mu_D - N_2 \cdot \mu_D = \vec{a} \cdot (m_1 + m_2)$$

$$\text{Remplazando por los datos} \Rightarrow 15\text{N} - 2\text{Kg} \cdot 9,8 \frac{\text{m}}{\text{seg}^2} \cdot 0,2 - 3\text{Kg} \cdot 9,8 \frac{\text{m}}{\text{seg}^2} \cdot 0,2 = \vec{a} \cdot (2\text{Kg} + 3\text{Kg})$$

$$\Rightarrow 15\text{N} - 3,92\text{N} - 5,88\text{N} = \vec{a} \cdot 5\text{Kg} \Rightarrow \frac{5,2\text{N}}{5\text{Kg}} = \vec{a} \Rightarrow \boxed{\vec{a} = 1,04 \frac{\text{m}}{\text{seg}^2}}$$

Ahora si queremos calcular la Tensión, tomamos la fórmula del cuerpo 2 por ejemplo:

$$\vec{T} - \vec{F}_{R2} = m_2 \cdot \vec{a} \Rightarrow \vec{T} = m_2 \cdot \vec{a} + \vec{F}_{R2} \Rightarrow \vec{T} = m_2 \cdot \vec{a} + \mu_D \cdot N_2$$

$$\text{Remplazando los valores} \Rightarrow \vec{T} = 3\text{Kg} \cdot 1,04 \frac{\text{m}}{\text{seg}^2} + 0,2 \cdot 3\text{Kg} \cdot 9,8 \frac{\text{m}}{\text{seg}^2} \Rightarrow \vec{T} = 3,12\text{N} + 5,88\text{N}$$

$$\Rightarrow \boxed{\vec{T} = 9\text{N}}$$

¿Cuándo utilizar F_{RE} y F_{RD} ?

Es muy común confundir el uso de estas dos fuerzas. Debe quedar claro que la fuerza de rozamiento estática se utilizará solo cuando un cuerpo está en reposo y sólo para saber, si las fuerzas aplicadas sobre él, alcanzan para moverlo.

Si queremos calcular la aceleración que adquiere un cuerpo luego de aplicarse sobre él una fuerza durante un lapso de tiempo, entonces debemos recurrir siempre al coeficiente de rozamiento dinámico, y por ende, la fuerza de rozamiento que actúa es la fuerza de rozamiento dinámico durante todo su movimiento.

Ejemplo 1: Sobre una superficie de acero empujamos un cuerpo de acero en reposo de masa 1Kg con una fuerza de 2 N durante 2 segundos. Determinar el tiempo que tarda en detenerse el cuerpo, debido al rozamiento, luego de dejar de aplicar la fuerza.

Según las tablas citadas, los coeficientes acero/acero son:

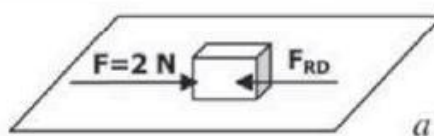
Primero calculemos las fuerzas de rozamiento: $\mu_E=0,15$ y $\mu_D=0,09$

$$\vec{F}_{RE} = \mu_E \cdot N \Rightarrow \vec{F}_{RE} = 0,15 \cdot 1Kg \cdot 9,8 \frac{m}{seg^2} \Rightarrow \boxed{\vec{F}_{RE} = 1,47N}$$

$$\vec{F}_{RD} = \mu_D \cdot N \Rightarrow \vec{F}_{RD} = 0,09 \cdot 1Kg \cdot 9,8 \frac{m}{seg^2} \Rightarrow \boxed{\vec{F}_{RD} = 0,882N}$$

Ahora lo que debemos hacer es preguntarnos si la fuerza logrará mover al cuerpo. Para ello basta simplemente con saber si la fuerza aplicada es superior o no a la fuerza de rozamiento estática. En nuestro ejemplo es superior, por lo cual el cuerpo efectivamente se moverá.

Entonces, sabiendo que el cuerpo se moverá, calculamos la aceleración que adquiere durante el empuje con la fuerza de rozamiento dinámica.



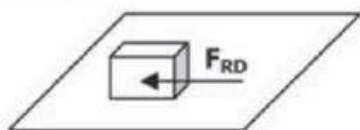
$$m \cdot a = 2N - \vec{F}_{RD}$$

$$a = \frac{2N - 0,88N}{1Kg} \Rightarrow a = 1,12 \frac{m}{seg^2}$$

Como empujamos al cuerpo durante 2 segundos. Podemos calcular la velocidad final al dejar de empujarlo. Para ello recurrimos a las fórmulas de cinemática:

$$V_f = V_i + a \cdot t \Rightarrow V_f = V_i + a \cdot t \Rightarrow V_f = 0 + 1,12 \frac{m}{seg^2} \cdot 2seg \Rightarrow V_f = 2,24 \frac{m}{seg}$$

Ahora, una vez que dejamos de aplicar la fuerza, la V_f anterior pasa a ser nuestra V_i en este segundo tramo del recorrido



En este tramo actúa solo F_{RD} ya que ya dejamos de aplicar la Fuerza de 2N inicial

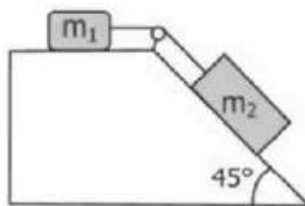
$$m \cdot a = -\vec{F}_{RD} \Rightarrow a = \frac{-0,88N}{1Kg} \Rightarrow a = -0,88 \frac{m}{seg^2}$$

Y volviendo a aplicar la fórmula de cinemática:

$$V_f = V_i + a \cdot t \Rightarrow t = \frac{V_f - V_i}{a} \Rightarrow t = \frac{0 - 2,24 \frac{m}{seg}}{-0,88 \frac{m}{seg^2}} \Rightarrow \boxed{t = 2,54 seg}$$

Ejemplo2:

Dado el siguiente esquema, determinar si al liberar los cuerpos el sistema se moverá y si lo hace determinar con que aceleración lo hará.



Datos:

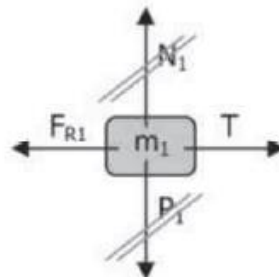
$$m_1 = 2 \text{ Kg} \quad m_2 = 10 \text{ Kg}$$

$$\mu_E = 0,3 \quad \mu_D = 0,2$$

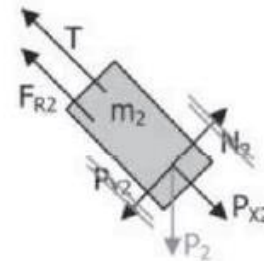
Primero vamos a averiguar si el sistema tomará movimiento, para ello, deben vencerse las fuerzas de rozamiento estático. Para saber si esto ocurre, al estar en un sistema de cuerpos, debemos hallar la aceleración, en este caso, al haber una sola dirección posible de movimiento, la aceleración del sistema debe darnos positiva.

Si la aceleración nos diera negativa significaría que no se vencen las fuerzas de rozamiento estático y por ende el sistema no se moverá.

Dibujamos los diagramas de cuerpos libres con F_R :



$$\vec{T} - \vec{F}_{R1} = m_1 \cdot a$$



$$\vec{P}_2 \cdot \text{Sen}(45^\circ) - \vec{T} - \vec{F}_{R2} = m_2 \cdot a$$

Sumamos las ecuaciones para despejar "a":

$$\vec{P}_2 \cdot \text{Sen}(45^\circ) - \vec{F}_{R1} - \vec{F}_{R2} = m_1 \cdot a + m_2 \cdot a \Rightarrow a = \frac{\vec{P}_2 \cdot \text{Sen}(45^\circ) - \vec{F}_{R1} - \vec{F}_{R2}}{m_1 + m_2}$$

Comencemos entonces con la fuerza de rozamiento estática, utilizando μ_E

$$a = \frac{10 \text{ Kg} \cdot 9,8 \frac{\text{m}}{\text{seg}^2} \text{Sen}(45^\circ) - 2 \text{ Kg} \cdot 9,8 \frac{\text{m}}{\text{seg}^2} \cdot 0,3 - 10 \text{ Kg} \cdot 9,8 \frac{\text{m}}{\text{seg}^2} \cdot \text{Cos}(45^\circ) \cdot 0,3}{2 \text{ Kg} + 10 \text{ Kg}}$$

$$a = \frac{69,29 \text{ N} - 5,88 \text{ N} - 20,79 \text{ N}}{12 \text{ Kg}} = 3,55 \frac{\text{m}}{\text{seg}^2}$$

Como nos da un valor positivo, sabemos que el sistema se moverá

Ahora calculamos la aceleración en movimiento que tendrá el sistema utilizando μ_D

$$a = \frac{10 \text{ Kg} \cdot 9,8 \frac{\text{m}}{\text{seg}^2} \text{Sen}(45^\circ) - 2 \text{ Kg} \cdot 9,8 \frac{\text{m}}{\text{seg}^2} \cdot 0,2 - 10 \text{ Kg} \cdot 9,8 \frac{\text{m}}{\text{seg}^2} \cdot \text{Cos}(45^\circ) \cdot 0,2}{2 \text{ Kg} + 10 \text{ Kg}}$$

$$a = \frac{69,29 \text{ N} - 3,92 \text{ N} - 13,86 \text{ N}}{12 \text{ Kg}} \Rightarrow a = 4,29 \frac{\text{m}}{\text{seg}^2}$$

Bibliografía

- PATRICIA HELLER AND KENNETH HELLER, Cooperative Group Problem Solving in Physics University of Minnesota, <http://groups.physics.umn.edu/physed/Research/CGPS/GreenBook.html>
- Ministerio de Educación, Ciencia y Tecnología de la Nación. (2007). Nivel secundario para adultos: módulos de enseñanza semipresencial: Física - 1a ed. -Buenos Aires.
- ALONSO, M. y FINN, E. J., 1995. "Física" (Addison-Wesley Iberoamericana, Wilmington,). Cap. 2: Mediciones y unidades.
- BUECHE, F. J., 1995. Física General, 3ª Edición, Mc Graw Hill, México. Cap. 1: Sistemas de medida.
- CASTIGLIONE, PERAZZO, RELA, 1998. Física I. Troquel,
- HEWITT, P. 1999. Física conceptual. Pearson
- RUBINSTEIN, J., 2003. Aprender física: educación secundaria superior [nivel polimodal/medio] Buenos Aires: Lugar Editorial.
- SEARS, F.W.; ZEMANSKY, M.W. 1981. Física General. Aguilar. Madrid.

Enlaces relacionados:

Grupo de Educación en Física de la Universidad de Minnesota:

- <http://groups.physics.umn.edu/physed/>

Páginas web consultadas:

- http://www.iesdmjac.educa.aragon.es/departamentos/fq/temasweb/FQ1BAC/FQ1BAC%20Tem a%205%20Dinamica/22_principio_de_accin_y_reaccin.html
- <http://recursostic.educacion.es/secundaria/edad/4esofisicaquimica/>
- <http://www.escriitoscientificos.es/apunfisi/inicio.htm>

Página web sugerida para reforzar y ampliar el tema 1:

- <https://www.fisicapractica.com/dinamica.php>
- <https://www.fisicapractica.com/>