

ROZAMIENTO

Introducción.

En la mayor parte de los problemas de física se supuso que las superficies eran lisas, esto para hacer el problema mas sencillo, sin embargo no existe ninguna superficie perfectamente lisa.

Cuando dos superficies están en contacto y si se intenta una de ellas respecto a la otra, siempre aparecen fuerzas tangenciales llamadas fuerzas de rozamiento. Por otra parte estas fuerzas de rozamiento son limitadas y no evitaran el movimiento si se aplican fuerzas suficientemente grandes.

El rozamiento entre dos superficies en contacto ha sido aprovechado por nuestros antepasados más remotos para hacer fuego frotando maderas. En nuestra época, el rozamiento tiene una gran importancia económica, se estima que si se le prestase mayor atención se podría ahorrar muchísima energía y recursos económicos.

Históricamente, el estudio del rozamiento comienza con Leonardo da Vinci que dedujo las leyes que gobiernan el movimiento de un bloque rectangular que desliza sobre una superficie plana. Sin embargo, este estudio pasó desapercibido.

En el siglo XVII Guillaume Amontons, físico francés, redescubrió las leyes del rozamiento estudiando el deslizamiento seco de dos superficies planas. Las conclusiones de Amontons son esencialmente las que estudiamos en los libros de Física General:

- La fuerza de rozamiento se opone al movimiento de un bloque que desliza sobre un plano.
- La fuerza de rozamiento es proporcional a la fuerza normal que ejerce el plano sobre el bloque.
- La fuerza de rozamiento no depende del área aparente de contacto.

El científico francés Coulomb añadió una propiedad más

- Una vez empezado el movimiento, la fuerza de rozamiento es independiente de la velocidad.

ROZAMIENTO = FRICCIÓN

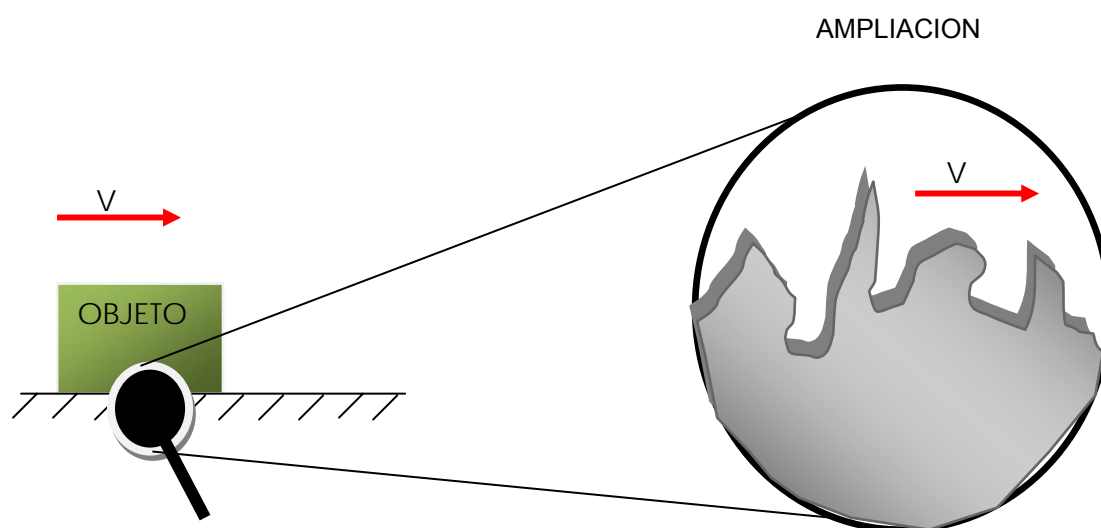
Explicación del origen del rozamiento por contacto.

La mayoría de las superficies, aún las que se consideran pulidas son extremadamente rugosas a escala microscópica. Los picos de las dos superficies que se ponen en contacto determinan el área real de contacto que es una pequeña proporción del área aparente de contacto (el área

de la base del bloque). El área real de contacto aumenta cuando aumenta la presión (la fuerza normal) ya que los picos se deforman.

Los metales tienden a soldarse en frío, debido a las fuerzas de atracción que ligan a las moléculas de una superficie con las moléculas de la otra. Estas soldaduras tienen que romperse para que el deslizamiento se produzca. Además, existe siempre la incrustación de los picos con los valles. Este es el origen del rozamiento estático.

Cuando el bloque desliza sobre el plano, las soldaduras en frío se rompen y se rehacen constantemente. Pero la cantidad de soldaduras que haya en cualquier momento se reduce por debajo del valor estático, de modo que el coeficiente de rozamiento cinético es menor que el coeficiente de rozamiento estático.

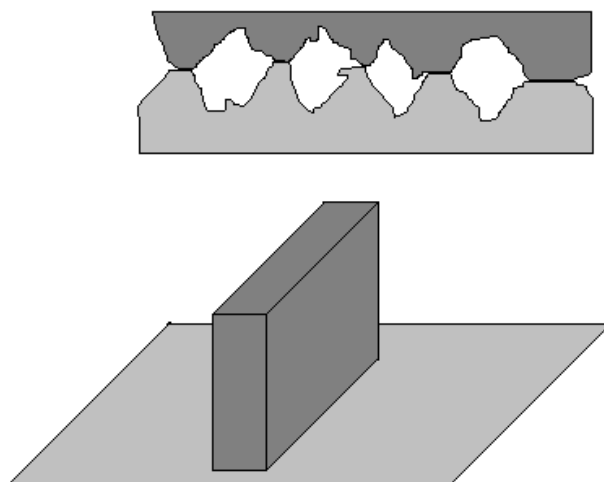


Parea evidenciar este fenómeno, estudiemos un objeto y el piso sobre el cual se desliza, como el que se muestra

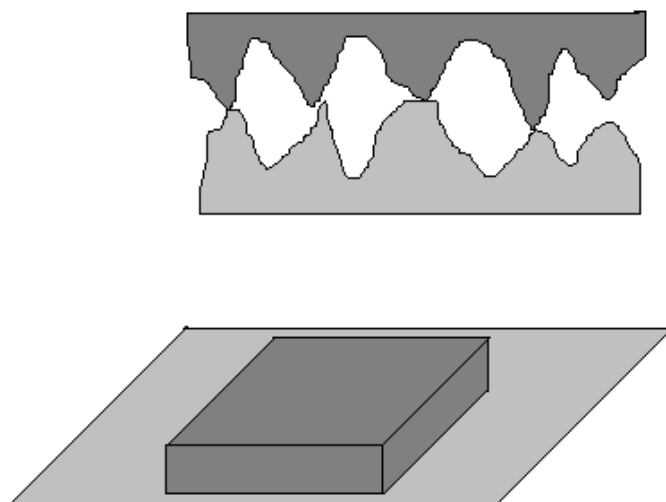
Los objetos cuando se impulsan sobre superficies planas horizontales, deberán moverse con velocidad constante luego que el impulso ha estado, sin embargo la experiencia nos enseña que este objeto se detiene luego de cierta distancia recorrida. Este fenómeno en apariencia se halla en contradicción con las leyes de Newton, ¿es que Newton se equivocó al formular las leyes del movimiento?, sin duda Newton estudio estos sucesos y no se equivocó al enunciar sus leyes. Si el objeto en movimiento se detiene, de conformidad a la segunda ley de Newton, debe existir una fuerza de sentido contrario al movimiento, si bien la presencia de esta fuerza no es evidente; ello se debe a que esta encubierta y se ubica en las superficies de contacto, vale decir, la superficie que presenta el objeto en el contacto y la superficie sobre la que se mueve.

Finalmente, la presencia de aceite o de grasa en las superficies en contacto evita las soldaduras al revestirlas de un material inerte.

La explicación de que la fuerza de rozamiento es independiente del área de la superficie aparente de contacto es la siguiente:



En la figura, la superficie más pequeña de un bloque está situada sobre un plano. En el dibujo situado arriba, vemos un esquema de lo que se vería al microscopio: grandes deformaciones de los picos de las dos superficies que están en contacto. Por cada unidad de superficie del bloque, el área de contacto real es relativamente grande (aunque esta es una pequeña fracción de la superficie aparente de contacto, es decir, el área de la base del bloque).

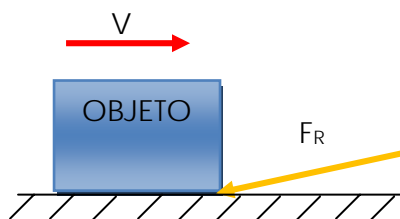


En la figura, la superficie más grande del bloque está situada sobre el plano. El dibujo muestra ahora que las deformaciones de los picos en contacto son ahora más pequeñas por que la presión es más pequeña. Por tanto, un área relativamente más pequeña está en contacto real por unidad de superficie del bloque. Como el área aparente en contacto del bloque es mayor, se deduce que el área real total de contacto es esencialmente la misma en ambos casos.

Ahora bien, las investigaciones actuales que estudian el rozamiento a escala atómica demuestran que la explicación dada anteriormente es muy general y que la naturaleza de la fuerza de rozamiento es muy compleja a nivel atómico.

Fuerza de Rozamiento.

Es aquella fuerza que surge entre dos cuerpos cuando uno trata de moverse con respecto al otro. Esta fuerza siempre es contraria al movimiento o posible movimiento.



Las superficies, objeto – piso, aun las mas pulimentadas presentan rugosidades, las cuales cuando dos superficies se deslizan una sobre la otra, presentan resistencias al movimiento, como la que se ha mostrado. El origen de estas fuerzas de fricción se debe fundamentalmente a la aspereza de las superficies en contacto, es de esperar por tanto, que estas fuerzas disminuyen si las superficies son pulimentadas.

Sin embargo no son las únicas causas de la fricción, no debemos perder de vista que dos sustancias presentan en menor o mayor grado atracciones debido a afinidades moleculares, o también electrostáticas, que puedan incrementar las fuerzas de fricción.

Las causas de la fricción son muy complejas para intentar un estudio teórico a partir del cual deducir expresiones para su evaluación, por ello se prefieren tratamientos empíricos, es decir, se realizan estudios experimentales, los cuales proveen ecuaciones para la determinación de la fricción. Estos estudios indican que la fuerza de fricción (f), es proporcional a la normal (N). Reacción del piso sobre el objeto.

La fuerza de rozamiento también se debe a:

- **Afinidades Moleculares.**
- **Atracción electrostática**

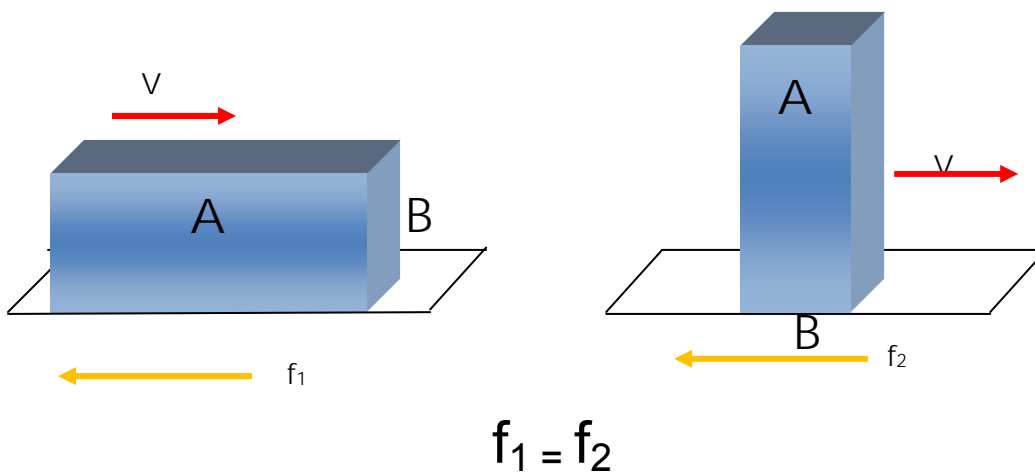
$$f \propto N$$

- ✓ La fuerza de Rozamiento es directamente proporcional a la Normal

La igualdad de esta expresión se logra introduciendo una constante de proporcionalidad μ , denominada coeficiente de fricción o de rozamiento, entonces:

$$f = \mu N$$

Esta constante μ , es una medida de las rugosidad de las superficies en contacto, cuyo valor depende fundamentalmente de los siguientes aspectos: tipo de los materiales, grado de pulido, temperatura, humedad, etc..



Las observaciones experimentales señalan también que la fuerza de fricción es independiente del área de contacto, vale decir, la fuerza de fricción será la misma si el objeto se desliza sobre la cara A o B.

Existen dos tipos de rozamiento: El rozamiento en seco (Rozamiento de Coulomb) y el rozamiento de Fluidos.

Existen dos tipos de rozamiento. El rozamiento en seco (Rozamiento de Coulomb) y el rozamiento de fluidos. En esta planificación solo estudiaremos el rozamiento en seco.

Clases de Rozamiento Seco.

ROZAMIENTO POR DESLIZAMIENTO:

- ✓ Rozamiento estático.
- ✓ Rozamiento cinético.

ROZAMIENTO POR RODADURA O PIVOTEO

Fuerza de rozamiento por deslizamiento.

LEYES

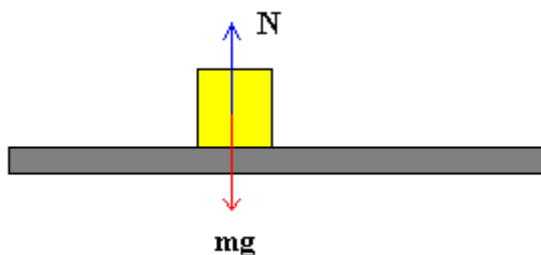
1° La fuerza de rozamiento tiene un valor que es directamente proporcional a la reacción normal.

2° la fuerza de rozamiento no depende del área de las superficies en contacto.

3° La fuerza de rozamiento es independiente de la velocidad del cuerpo en movimiento.

La Fuerza Normal.

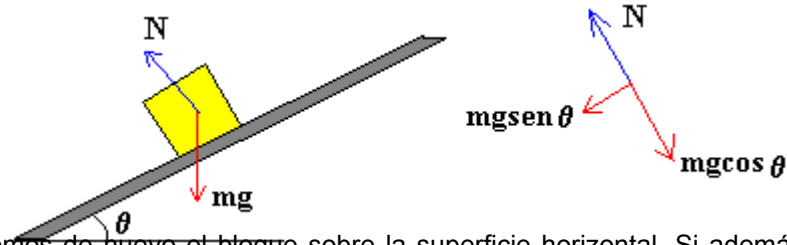
La fuerza normal, reacción del plano o fuerza que ejerce el plano sobre el bloque depende del peso del bloque, la inclinación del plano y de otras fuerzas que se ejerzan sobre el bloque.



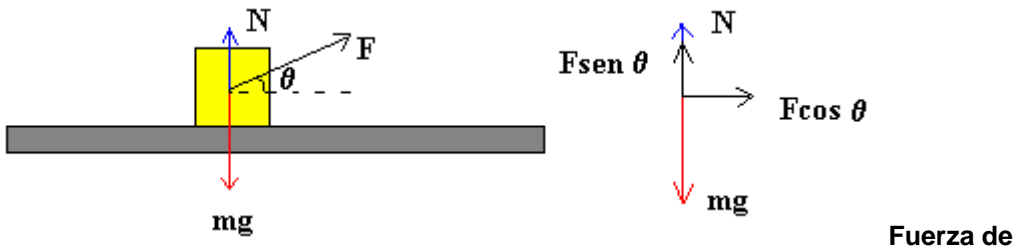
Supongamos que un bloque de masa m está en reposo sobre una superficie horizontal, las únicas fuerzas que actúan sobre él son el peso mg y la fuerza normal N . De las condiciones de equilibrio se obtiene que la fuerza normal N es igual al peso mg

$$N=mg$$

Si ahora, el plano está inclinado un ángulo el bloque está en equilibrio en sentido perpendicular al plano inclinado por lo que la fuerza normal N es igual a la componente del peso perpendicular al plano, $N=mg \cdot \cos\theta$

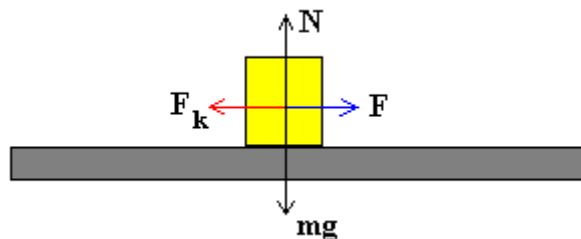


Consideremos de nuevo el bloque sobre la superficie horizontal. Si además atamos una cuerda al bloque que forme un ángulo θ con la horizontal, la fuerza normal deja de ser igual al peso. La condición de equilibrio en la dirección perpendicular al plano establece $N + F \cdot \sin\theta = mg$



Fuerza de Rozamiento Cinético.

En la figura, se muestra un bloque arrastrado por una fuerza F horizontal. Sobre el bloque actúan el peso mg , la fuerza normal N que es igual al peso, y la fuerza de rozamiento F_k entre el bloque y el plano sobre el cual desliza. Si el bloque desliza con velocidad constante la fuerza aplicada F será igual a la fuerza de rozamiento por deslizamiento F_k .



Podemos investigar la dependencia de F_k con la fuerza normal N . Veremos que si duplicamos la masa m del bloque que desliza colocando encima de éste otro igual, la fuerza normal N se duplica, la fuerza F con la que tiramos del bloque se duplica y por tanto, F_k se duplica.

La fuerza de rozamiento por deslizamiento F_k es proporcional a la fuerza normal N .

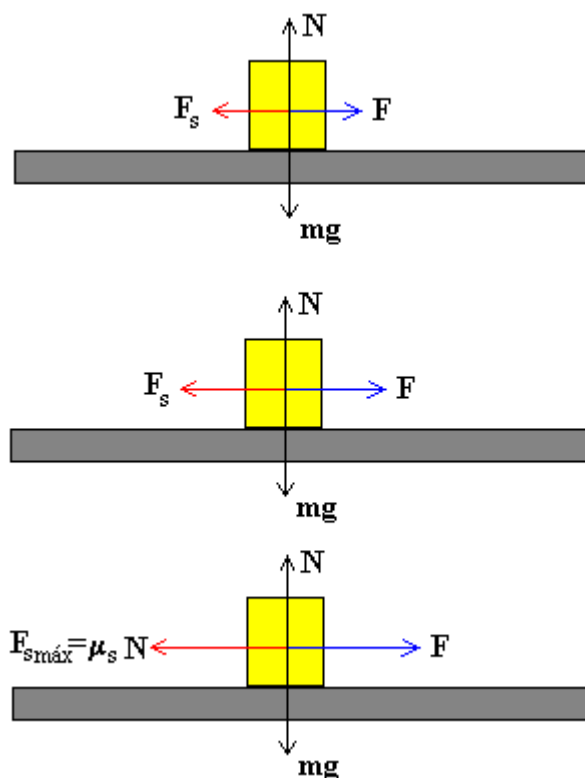
$$F_k = \mu_k N$$

La constante de proporcionalidad μ_k es un número sin dimensiones que se denomina coeficiente de rozamiento cinético.

El valor de μ_k es casi independiente del valor de la velocidad para velocidades relativas pequeñas entre las superficies, y decrece lentamente cuando el valor de la velocidad aumenta.

Fuerza de rozamiento estático.

También existe una fuerza de rozamiento entre dos objetos que no están en movimiento relativo.



Como vemos en la figura, la fuerza F aplicada sobre el bloque aumenta gradualmente, pero el bloque permanece en reposo. Como la aceleración es cero la fuerza aplicada es igual y opuesta a la fuerza de rozamiento F_s .

$$F = F_s$$

La máxima fuerza de rozamiento corresponde al instante en el que el bloque está a punto de deslizar.

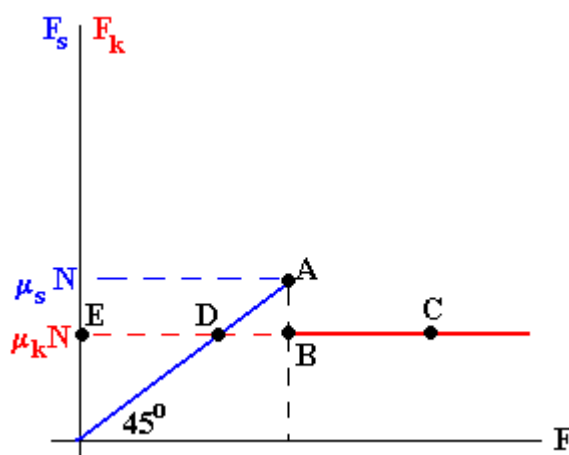
$$F_{s\text{ máx}} = \mu_s N$$

La constante de proporcionalidad μ_s se denomina coeficiente de rozamiento estático.

Los coeficientes estático y cinético dependen de las condiciones de preparación y de la naturaleza de las dos superficies y son casi independientes del área de la superficie de contacto.

Comportamiento de un cuerpo que descansa sobre un plano horizontal.

Dibujemos una gráfica en la que en el eje horizontal representamos la fuerza F aplicada sobre el bloque y en el eje vertical la fuerza de rozamiento.



- Desde el origen hasta el punto A la fuerza F aplicada sobre el bloque no es suficientemente grande como para moverlo. Estamos en una situación de equilibrio estático

$$F = F_s < \mu_s N$$

En el punto A, la fuerza de rozamiento estático F_s alcanza su máximo valor $\mu_s N$

$$F = F_{s \text{ máx}} = \mu_s N$$

- Si la fuerza F aplicada se incrementa un poquito más, el bloque comienza a moverse. La fuerza de rozamiento disminuye rápidamente a un valor menor e igual a la fuerza de rozamiento por deslizamiento, $F_k = \mu_k N$

Si la fuerza F no cambia, punto B, y permanece igual a $F_{s \text{ máx}}$ el bloque comienza moviéndose con una aceleración

$$a = (F - F_k) / m$$

Si incrementamos la fuerza F , punto C, la fuerza neta sobre el bloque $F - F_k$ se incrementa y también se incrementa la aceleración.

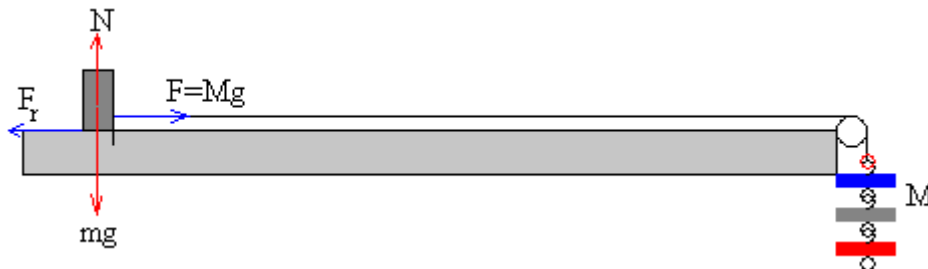
En el punto D, la fuerza F aplicada es igual a F_k por lo que la fuerza neta sobre el bloque será cero. El bloque se mueve con velocidad constante.

En el punto E, se anula la fuerza aplicada F , la fuerza que actúa sobre el bloque es $-F_k$, la aceleración es negativa y la velocidad decrece hasta que el bloque se para.

Experiencia

Un bloque de masa m descansa sobre un plano horizontal, el bloque está unido mediante un hilo inextensible y de peso despreciable que pasa por una polea a un platillo sobre el que se depositan pesas. Vamos a estudiar el comportamiento del bloque y a realizar medidas del coeficiente estático y cinético.

Medida del coeficiente estático



Se van colocando pesas en el platillo y el bloque permanece en reposo. La fuerza de rozamiento vale

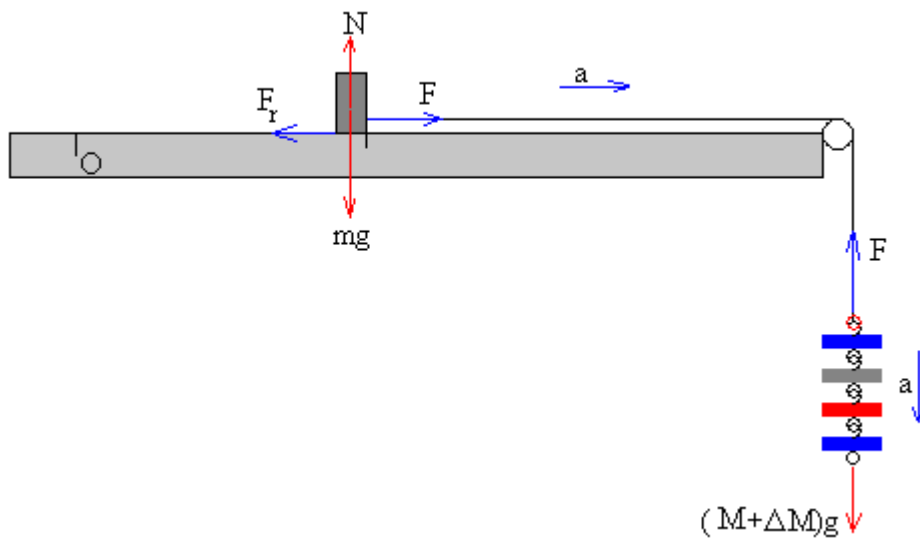
$$F_r = Mg$$

Donde M es la masa de las pesas que contiene el platillo

Cuando va a empezar a deslizar, la fuerza de rozamiento F_r adquiere el valor máximo posible $\mu_s N = \mu_s mg$

$$\mu_s = \frac{M}{m}$$

Medida del coeficiente cinético



Añadimos una pesa más ΔM y el bloque empieza a deslizar, desplazándose una longitud x en un t . La aceleración es

$$x = \frac{1}{2}at^2$$

Aplicamos la segunda ley de Newton al movimiento del bloque

$$F - F_r = ma$$

$$F_r = \mu_k N$$

$$N = mg$$

Aplicamos la segunda ley de Newton al movimiento del platillo y las pesas

$$(M + \Delta M)g - F = (M + \Delta M)a$$

Despejamos el coeficiente cinético μ_k

$$\mu_k = \frac{(M + \Delta M)g - (m + M + \Delta M)a}{mg}$$