FISICA I UTN-FRC

UNIDAD 04: FUNDAMENTOS DE LA DINÁMICA

FUERZA DE FRICCIÓN: INTRODUCCIÓN – TIPOS DE FUERZAS DE FRICCIÓN – APLICACIONES

(SEGUNDA PARTE)

Fuerza de Fricción - Introducción:

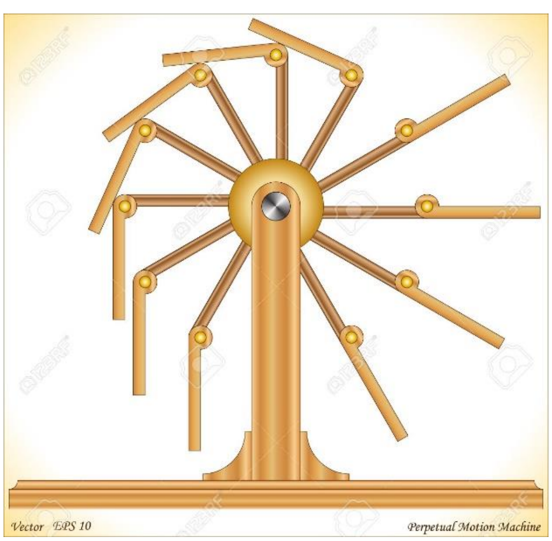
Cuando se pone a mover un objeto, ya sea deslizándolo sobre una superficie de contacto sólida o a través de un medio viscoso como el agua o el aire, se manifiesta **una resistencia** al movimiento debido a que el objeto interactúa con el contexto que lo rodea. Esa resistencia se conoce con el nombre de **Fuerza de Fricción**.

En general las fuerzas de fricción son muy importantes en la vida cotidiana porque gracias a ellas podemos caminar, conducir un vehículo, andar en bicicleta, pilotear un avión, etc., es decir que son muy significativas y necesarias.

A lo largo de este curso estudiaremos puntualmente a las **fuerzas de fricción** que ocurren **por deslizamiento** o **posible deslizamiento** y se manifiestan entre la cara inferior de un cuerpo y la superficie de contacto sobre la cual él cual descansa. Estos tipos de fuerzas de fricción **siempre se oponen al movimiento** o **posible movimiento de un objeto**.

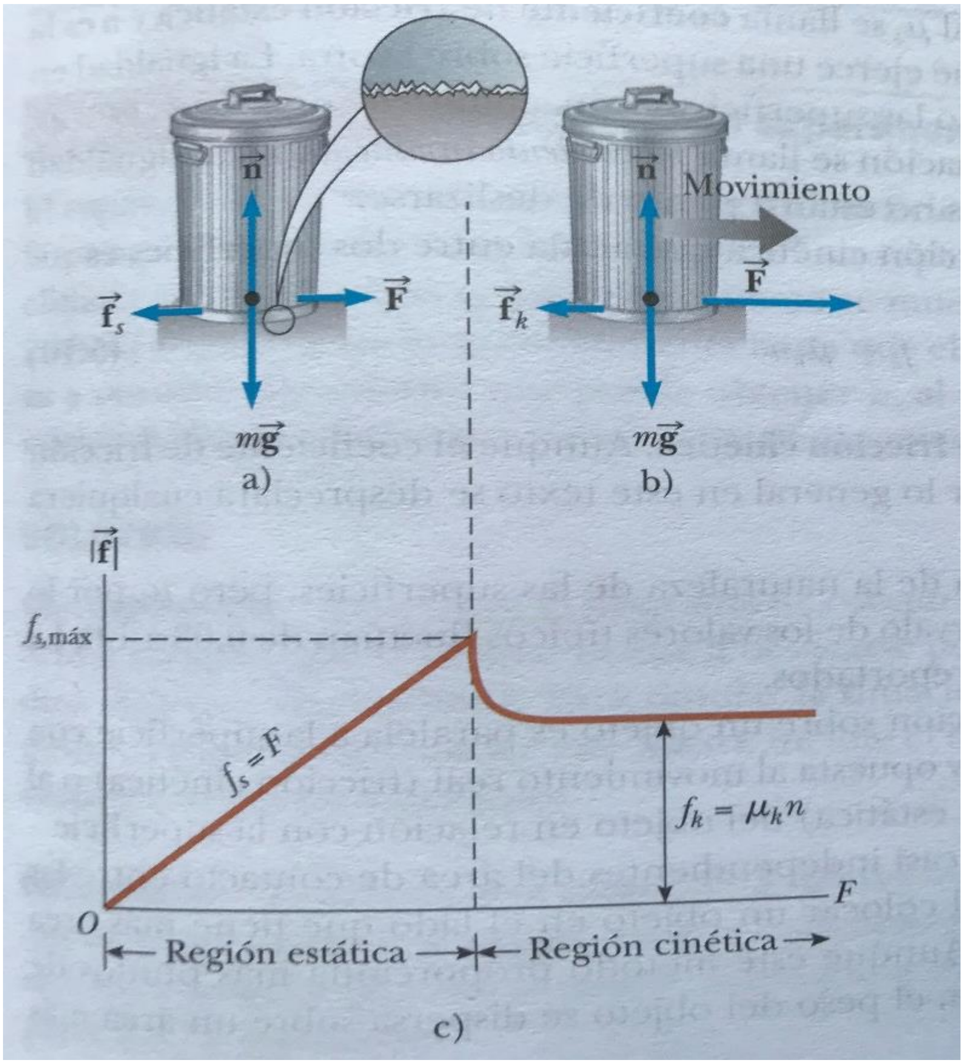
Las fuerzas de fricción producidas cuando un objeto se mueve a través de un fluido viscoso se estudiarán más adelante...

El deseo de muchos físicos en su momento, fue el de fabricar una máquina de movimiento perpetuo. Se conocieron al respecto muchos diseños, pero lamentablemente todos fracasaron. Precisamente la presencia de fuerzas de fricción en las distintas partes de sus mecanismos hacía que estas máquinas se detuvieran luego de un cierto tiempo …



Tipos de Fuerzas de Fricción y cómo calcularlas:

A partir de la siguiente figura vamos a explicar y clasificar a las fuerzas de fricción, y también aprenderemos a calcularlas.



Supongamos que tenemos un tarro de basura descansando sobre una superficie de hormigón y lo intentamos arrastrar hacia la derecha. Esta superficie de hormigón es real y ofrece cierta resistencia al desplazamiento del tarro de basura.

Entonces si aplico una fuerza horizontal $\vec{F}$ hacia la derecha del objeto, el mismo permanece quieto cuando esa fuerza es pequeña. En tanto se observa en esa situación que la fuerza que contrarresta y se opone a $\vec{F}$, es otra fuerza que se denomina **fuerza de fricción estática** $\vec{f_s}$. Por lo tanto, mientras que el tarro de basura no se mueve, ambas fuerzas son iguales en módulo, pero de sentido contario (Ver **figura: a)**). Luego si usted decide aumentar $\vec{F}$, la fuerza de fricción estática $\vec{f_s}$ también aumentará. Se ha podido comprobar mediante experimentos, que la fuerza de fricción surge de la naturaleza de las dos superficies: debido a su rugosidad. Al contactarse las superficies, los picos o dientes de cada material se tocan y enganchan (ver en la figura la vista amplificada) y es eso lo que genera a la fuerza de fricción.

En la **figura: c)** se observa una gráfica que, en la región estática es una recta. ¿qué significa esto? Que mientras el tarro de basura esté quieto, a medida que la fuerza $\vec{F}$ va aumentando, $\vec{f_s}$ también lo va haciendo y en igual cantidad. Por eso conforme aumenta el valor de la abscisa representada por **F**, en igual valor aumenta la ordenada representada por **fs**.

Bien… pero llega un punto en que si **F** aumenta demasiado (Ver **figura: b)**), la fuerza de fricción estática alcanza su valor máximo, $\vec{f_s}máx$ y el tarro de basura está a punto de deslizar. A esta situación se denomina: **previa al movimiento inminente!!!**

Pasada esta instancia, el tarro de basura finalmente consigue moverse hacia la derecha pero comienza a actuar otra fuerza de fricción sobre él, denominada **fuerza de fricción cinética** $\vec{f_k}$. Se puede observar ahora en la **figura: c)**, la otra parte de la gráfica que corresponde a la región cinética, en donde se visualiza que f_k es menor a $\vec{f_s}máx$ y siempre constante. También acá tenemos otra recta, pero en este caso con pendiente nula. Eso indica que por más que se siga aumentado $\vec{F}$, f_k permanecerá casi constante.

En términos experimentales se pudo averiguar que cada fuerza de fricción se puede calcular de la siguiente manera:

1) fuerza de fricción estática $\vec{f_s}$

$$\vec{f_s} \leq \mu_s . \vec{n} \qquad (4)$$

En donde:

- μ_s se denomina: coeficiente de fricción estático y depende, como se dijo, de las rugosidades de las superficies en contacto.
- $\vec{n}$ es la fuerza normal.

Luego si la fuerza de fricción estática es máxima se calcula como:

$$\vec{f_s}máx = \mu_s . \vec{n} \qquad (5)$$

En esta última situación se dice que el tarro de basura esta **previo al movimiento inminente!!!** Pero aún no se mueve. Observe que en la fórmula se pasa de una desigualdad a una igualdad, pero en esencia es la misma.

2) **fuerza de fricción cinética $\overrightarrow{f_k}$**

$$\overrightarrow{\boldsymbol{f_k}} = \boldsymbol{\mu_k} . \vec{\boldsymbol{n}} \qquad \textbf{(6)}$$

En donde:

- $\boldsymbol{\mu_k}$ se denomina: coeficiente de fricción cinético y depende, como se dijo, de las rugosidades de las superficies en contacto.

- $\vec{\boldsymbol{n}}$ es de nuevo la fuerza normal.

A la fuerza de fricción cinética la utilizamos cuando los objetos están en movimiento, como es el caso de los problemas de dinámica de una partícula.

Finalmente podemos agregar que **cualesquiera de las dos fuerzas de fricción** mencionadas, **siempre se oponen al deslizamiento** y que **los valores de $\boldsymbol{\mu_s}$ $\boldsymbol{y}$ $\boldsymbol{\mu_k}$ se encuentran tabulados** y dependen de la naturaleza de las superficies de contacto.

Usted podrá observar en la tabla siguiente que, el valor de μ_k es generalmente, siempre menor al de μ_s. Esto explica el por qué la fuerza de fricción cinética es menor a la fuerza de fricción estática máxima. Desde lo experimental se explicaría a partir de que cuando los dientes entre las superficies se desprenden o desencajan porque se inició el movimiento, la fuerza de fricción disminuye (la cinética respeto de la estática).

A continuación, se presenta la tabla que comentábamos y que muestra esos valores de coeficientes de fricción para distintos materiales interactuando entre sí. Todos los libros de física traen este tipo de información con mayor o menor detalle.

Coeficientes de fricción o de rozamiento:

Poner atención en que los valores de los coeficientes de fricción siempre se informan para un par de materiales friccionantes, a saber:

COEFICIENTES DE ROZAMIENTO		
Materiales en contacto	Fricción estática μ_s	Fricción cinética μ_k
Hielo // Hielo	0,1	0,03
Vidrio // Vidrio	0,9	0,4
Madera // Cuero	0,4	0,3
Madera // Piedra	0,7	0,3
Madera // Madera	0,4	0,3
Acero // Acero	0,74	0,57
Acero // Hielo	0,03	0,02
Acero // Latón	0,5	0,4
Acero // Teflón	0,04	0,04
Teflón // Teflón	0,04	0,04
Caucho // Cemento (seco)	1	0,8
Caucho // Cemento (húmedo)	0,3	0,25
Cobre // Hierro (fundido)	1,1	0,3
Esquí (encerado) // Nieve (0°C)	0,1	0,05
Articulaciones humanas	0,1	0,003

Estos valores son adimensionales, es decir sin unidades y siempre positivos.

Veamos ahora un problema de aplicación de Dinámica de una Partícula para un caso en donde participa la fuerza de fricción cinética. Para resolverlo aplicaremos los pasos vistos en el material anterior.

<u>Ejemplo 8:</u>

A un disco de hockey que se encuentra sobre una superficie congelada se le da una rapidez inicial $v_0 = 20\ (m/s)$. Si el disco permanece sobre el hielo y se desliza un x=115 (m) hasta llegar al reposo (v=0), determine el valor del coeficiente de fricción cinético $\mu_k = ?$.

<u>Nota:</u> se hará un planteo desde el punto de vista dinámico y se observará que para poder resolver finalmente el problema, se necesitará recurrir también a la cinemática de la recta, más precisamente al M.R.U.V., para poder calcular la desaceleración $\vec{a} = ?$ del disco, aunque esta última no sea la incógnita más importante del problema.

PASO 1: Leer el enunciado tantas veces como sea necesario. Entender cómo funciona el dispositivo planteado en el problema. Detectar los datos y las incógnitas.

El dispositivo es un disco que se desliza en una superficie congelada horizontal con una baja fricción.

Los datos son:

$v_0 = 20\ (m/s)$.

$x = 115\ (m)$.

$v = 0\ (m/s)$.

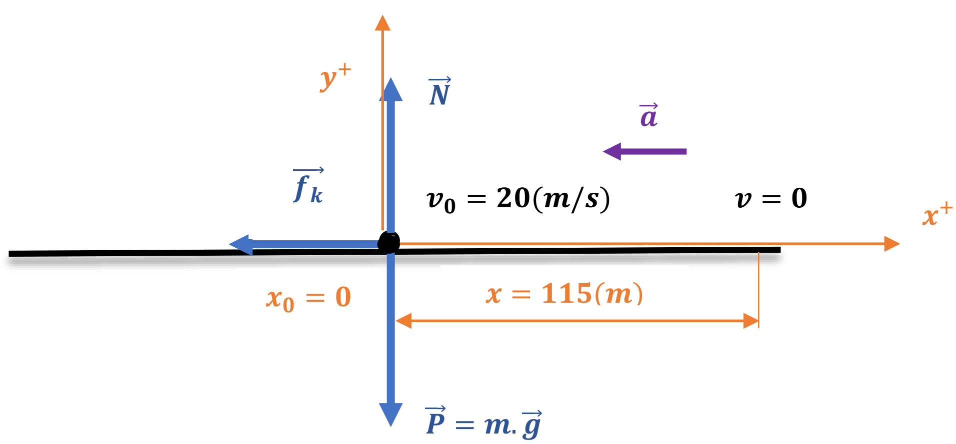
Las incógnitas son:

a) el coeficiente de fricción cinético $\mu_k = ?$

b) la desaceleración del disco $\vec{a} = ?$

PASO 2: Construir el/los Diagramas de Cuerpo Libre (D.C.L.) de cada uno de los objetos que intervienen en el dispositivo.

En este caso el objeto en cuestión es uno solo: el disco, por lo tanto, se construye un único D.C.L. El disco se reduce a un punto.



Las fuerzas que participan en este D.C.L. son las tres de color azul, es decir: el **peso**, la **normal** y la **fuerza de fricción cinética**. La desaceleración si bien se explicita no forma parte del Diagrama de Cuerpo Libre del disco.

PASO 3: Colocar un sistema de referencia para fuerzas. Generalmente es un plano cartesiano "x" e "y". Como sugerencia, se trata que uno de esos ejes coincida con la dirección de la aceleración del movimiento.

Es este caso, se colocó el mismo en la figura anterior, con color anaranjado.

PASO 4: Plantear la Segunda Ley de Newton para cada cuerpo y para cada eje.

Según el eje "x":

$$\sum F_x = m.a_x \qquad como: a_x = a \qquad queda:$$

$$F_x = m.\boldsymbol{a}$$

$$-f_k = m.a \qquad es\ decir: \qquad \boldsymbol{-\mu_k.N = m.a} \qquad \boldsymbol{Ecuación\ (1)}$$

Según el eje "y":

$$\sum F_y = m.a_y \quad como: a_y = 0 \qquad queda:$$

$$N - P = m.0 = 0$$

$$\boldsymbol{N - m.g = 0} \qquad \boldsymbol{Ecuación\ (2)}$$

PASO 5: Resolver matemáticamente las ecuaciones que surgieron del ítem anterior con la intención de despejar las incógnitas del problema. Reemplazar los valores numéricos de los datos en las expresiones halladas y calcular finalmente los valores de las incógnitas.

De la **Ecuación (2)** despejamos la fuerza normal y queda:

$$\boldsymbol{N = m.g} \qquad \boldsymbol{Ecuación\ (3)}$$

y reemplazando **(3)** en **(1)**, se obtiene:

$$-\mu_k.\cancel{m}.g = \cancel{m}.a$$

en donde al simplificar las masas, se llega a:

$$\boldsymbol{-\mu_k.g = a} \qquad \boldsymbol{Ecuación\ (4)}$$

Si bien la dinámica hasta acá hizo un aporte enorme, esta **Ecuación (4)** posee dos incógnitas… $\boldsymbol{\mu_k}$ y $\boldsymbol{a}$.

Entonces recurrimos a la cinemática: M.R.U.V., escribiendo para este caso que:

$$v^2 = v_0^2 + 2.a.(x - x_0)$$

que adaptada, queda:

$$0^2 = v_0^2 + 2.a.(x - 0)$$

y despejando la aceleración:

$$\boldsymbol{a} = \frac{-\boldsymbol{v_0^2}}{\boldsymbol{2.x}} \qquad \boldsymbol{Ecuación\ (5)}$$

calculando: $$\boldsymbol{a} = \frac{-(\mathbf{20})^2}{\mathbf{2.115}} = -\mathbf{1,74}(\boldsymbol{m/s^2})$$

Finalmente, reemplazando este valor hallado en **(4)** y despejando μ_k queda:

$$-\mu_k.g = a$$

$$-\mu_k.9,8 = -1,74$$

Como los signos menos se cancelan…

$$\mu_k = \frac{1,74}{9,8} = \mathbf{0,17}$$

PASO 6: Interpretar en informar los resultados.

Finalmente, la respuesta a lo solicitado es:

$$\mu_k = \mathbf{0,17}$$

Es todo!!!

Usted seguramente hará otros ensayos con su profesor de Práctico y algunos de los problemas presentarán cables y poleas fijas. Otros incluirán planos inclinados. Todo esto opera como un clásico en la dinámica de partícula y debemos procurar entender cómo funcionan estos dispositivos para calcular correctamente magnitudes como: aceleraciones, tensiones, coeficientes de fricción, etc.

Le deseo lo mejor y me despido hasta la próxima clase!

Atentamente.

Ing. Juan Lancioni.

Nota: las imágenes fueron tomadas algunas de internet, otras del libro de Serway_Jewett y las demás, elaboradas por el profesor.