



LABORATORIO DE FÍSICA I

TRABAJO DE LABORATORIO

ROZAMIENTO

SECO

2019

ROZAMIENTO SECO

INTRODUCCIÓN TEÓRICA:

Cuando intentamos hacer deslizar un cuerpo sólido sobre la superficie de otro sólido, notamos que aparecen fuerzas que se oponen a la tendencia al movimiento relativo entre ambos cuando aún no comienzan a moverse, o al deslizamiento de un cuerpo con el otro cuando se encuentran deslizando.

Estas fuerzas, tangentes a las superficies en contacto, y que se generan al intentar mover un cuerpo sobre el otro, reciben el nombre de *fuerzas de fricción*, *fuerzas de rozamiento* o *fuerzas de frotamiento*, y responden a condiciones especiales.

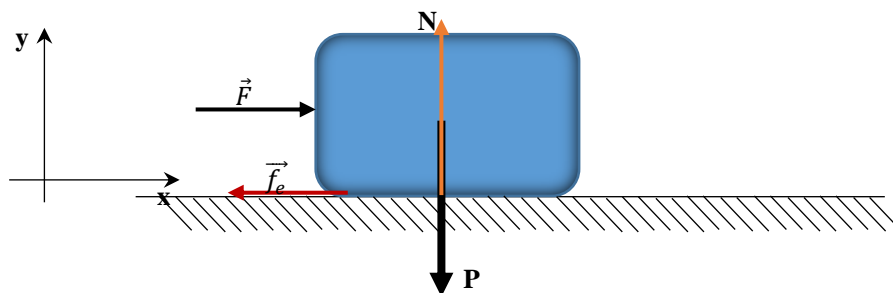
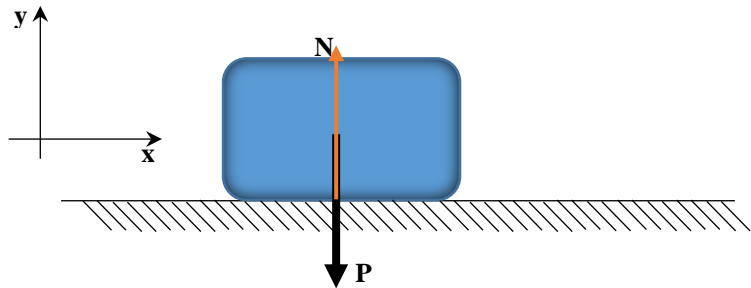
Podemos distinguir entre estas fuerzas, dos comportamientos diferentes: Cuando no existe deslizamiento relativo entre las superficies en contacto, la *fuerza de fricción se opone a la tendencia al movimiento de los cuerpos involucrados*. Hablamos entonces de la manifestación de una *fuerza de fricción estática*; cuando existe deslizamiento relativo entre los cuerpos involucrados, la fuerza de fricción que actúa es la llamada *fricción cinética o dinámica*. Cualquiera sea la forma de manifestarse, esta fuerza sigue siendo una fuerza de contacto y, como toda fuerza, obedece a las leyes de Newton.

a) Fricción estática:

Consideremos un cuerpo sólido (un bloque de madera, por ejemplo) que se encuentra simplemente apoyado sobre una superficie horizontal, tal y como muestra el esquema.

Si planteamos la 2ª Ley de Newton para este diagrama: $\sum \vec{F}_y = 0 \Rightarrow$

$\vec{N} - \vec{P} = 0$ con lo cual, el cuerpo se encuentra en reposo. Si ahora comenzamos a empujar el cuerpo hacia la derecha, y observamos que sigue en reposo, es evidente que debe haber una fuerza (identificada en el esquema como \vec{f}_e) que equilibre a \vec{F} para que el cuerpo siga estando en equilibrio de manera que:



$$\sum \vec{F}_x = 0 \Rightarrow \vec{F} - \vec{f}_e = 0$$
$$\sum F_y = 0 \Rightarrow \vec{N} - \vec{P} = 0$$

Apreciamos también que, dentro de un cierto rango, a medida que aumentamos la intensidad de F , aumenta en la misma medida la de f_e , de manera que el cuerpo se mantiene en reposo; es decir:

Dentro de un cierto rango de valores, f_e varía en intensidad, de manera de anular a F y mantener al cuerpo en reposo.

A f_e se la denomina *fuerza estática de rozamiento*, y tiene como características especiales:



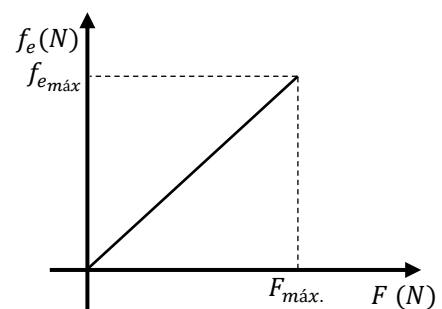
La fuerza estática de fricción es, entonces, una fuerza variable cuya intensidad va desde cero hasta un máximo, que se da cuando el cuerpo rompe el equilibrio y comienza a deslizarse.

Ese máximo valor posible tiene una intensidad en directa relación con la fuerza normal a la superficie de contacto, que puede entonces expresarse como

$$f_{e\text{máx}} = \mu_e N$$

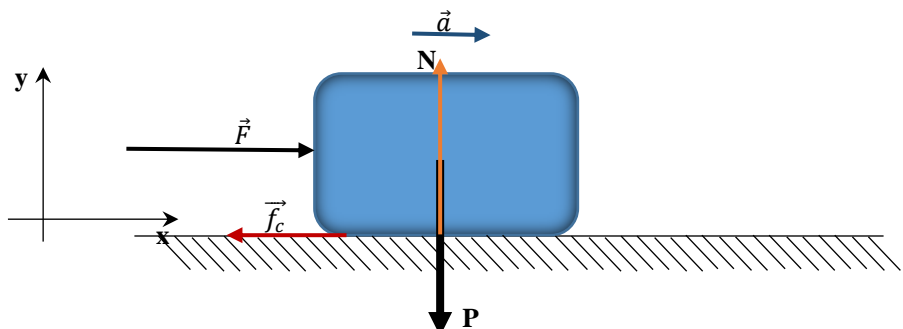
Donde N es el valor de la intensidad de la fuerza Normal, y μ_e es la constante de proporcionalidad, a la que llamamos “*coeficiente estático de fricción*”.

Si volcamos en un gráfico la intensidad de la fuerza con que empujamos, en función de la intensidad de la fuerza de rozamiento estático, obtendríamos una recta que pasa por el origen de coordenadas, correspondiente a una función directa. El valor máximo de la fuerza de fricción, lo tenemos justo antes de que el cuerpo comience a deslizarse, y es el único que podemos calcular.



b) Fricción cinética o dinámica:

Una vez que el cuerpo comienza a moverse, la fricción cambia. Podemos constatar que, manteniendo el valor de la fuerza de empuje constante, el cuerpo se mueve según un MRUV, mientras que, si aumentamos la intensidad de esta fuerza, aumenta también la intensidad de la aceleración con la que se desplaza el cuerpo. Escribiendo



las ecuaciones de la 2ª Ley de Newton nos queda para este esquema:

$$\sum F_y = 0 \Rightarrow \vec{N} - \vec{P} = 0$$

$$\sum \vec{F}_x = m\vec{a} \Rightarrow \vec{F} - \vec{f}_c = m\vec{a}$$

Esto nos dice que, contrariamente a lo que ocurre con la fuerza estática de roce, la fricción dinámica se mantiene aproximadamente constante para un deslizamiento relativo entre las superficies en contacto. Llamamos a esta fuerza de fricción ***fuerza de rozamiento cinética o dinámica*** y se caracteriza por:

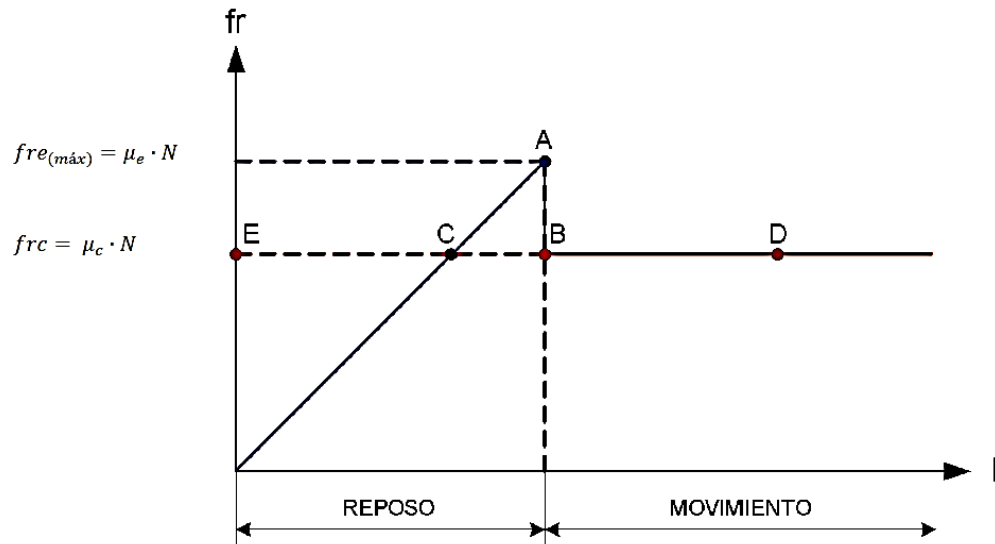


El valor de la intensidad de la fuerza cinética de fricción, que para velocidades relativamente bajas podemos considerar como constante, es directamente proporcional a la intensidad de la fuerza normal a la superficie de contacto por lo que puede calcularse como:

$$f_c = \mu_c N$$

Siendo μ_c la constante de proporcionalidad a la que llamaremos ***coeficiente cinético de fricción***.

Experimentalmente se comprueba que, en general y para el mismo par de superficies: $f_{e_{m\acute{a}x}} > f_c$ con lo que: $\mu_e N > \mu_c N$, de donde se ve que el coeficiente est\u00e1tico de fricci\u00f3n es, generalmente, mayor que el coeficiente cin\u00e9tico. Estudiando la evoluci\u00f3n del valor de la fuerza de fricci\u00f3n en funci\u00f3n de la fuerza con que empujamos, y volcando esta informaci\u00f3n en un gr\u00e1fico fuerza de rozamiento en funci\u00f3n de fuerza impulsora, el resultado tomar\u00eda una forma como la que se muestra en el esquema:



OBJETIVOS:

1. Analizar el comportamiento de las fuerzas de fricci\u00f3n que se manifiestan entre las superficies de dos cuerpos s\u00f3lidos.
2. Determinar experimentalmente los valores de los coeficientes de fricci\u00f3n est\u00e1tico y cin\u00e9tico para diferentes pares de materiales.

DESARROLLO EXPERIMENTAL:

Primera parte: Fricci\u00f3n est\u00e1tica:

En esta primera parte deber\u00e1:

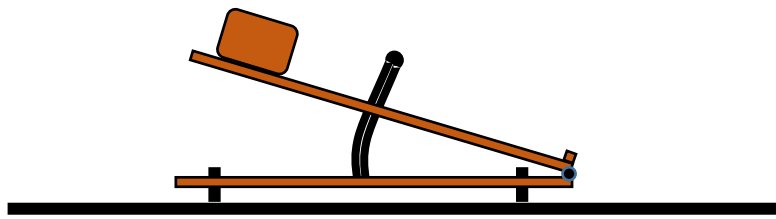
- a) Encontrar el valor del coeficiente de fricci\u00f3n est\u00e1tica para diferentes materiales y contrastar con los que se dan en las tablas correspondientes.
- b) Determinar si la intensidad de la fuerza de fricci\u00f3n est\u00e1tica depende o no de la cantidad de \u00e1rea de superficie en contacto.

Materiales:

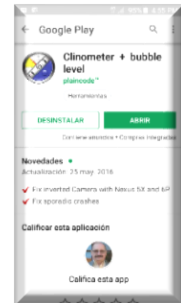
- a- Plano de madera de inclinaci\u00f3n variable.
- b- Cuerpo con superficies de diferente material.
- c- Cinta m\u00e9trica.
- d- Balanza.
- e- Incl\u00edmetro (app de celular).
- f- Polea de bajo rozamiento asociada a barrera infrarroja (fotopuerta y polea).
- g- Software CAPSTONE. Y PC.
- h- Hilo.
- i- Juego de pesas calibradas y su soporte.

Desarrollo:

En la mesa del laboratorio encontrará un plano inclinado construido con dos tablas de madera abisagradas en un extremo, y con una guía que permite regular su inclinación tal y como se muestra en el esquema.



1- Nivele el plano de apoyo con ayuda del nivel. Para ello utilice alguna app que permita medir ángulos de inclinación utilizando su teléfono. Puede descargarse, por ejemplo, la app “Clinometer” desde “Play Store”. Cuando ingrese a esta aplicación puede aparecerle algo como lo que muestra la pantalla:



¿Para qué es necesario esto? Justifique.

¿Puede estimar el error en grados sexagesimales en este proceso? escribalo en su informe.

También encontrará un cuerpo con forma de prisma recto, con tres de sus caras cubiertas por una placa de aluminio, permaneciendo la madera a la vista en las otras tres; asegúrese que, tanto las caras del cuerpo como la superficie del plano, se encuentran limpias y secas.

2- Con el cuerpo apoyado sobre el plano (por ejemplo, sobre una de las caras de madera) comience a inclinar el mismo lentamente hasta que comience a deslizarse. Un instante antes de que esto ocurra, el cuerpo se encontrará en equilibrio, siendo la fuerza que impide el deslizamiento hacia abajo la de rozamiento estática máxima.

3- Para encontrar el valor del coeficiente estático de fricción, deberá analizar esta situación de equilibrio precario del cuerpo. Construya un diagrama de cuerpo libre para el prisma que se encuentra sobre el plano, y encuentre la expresión que le permita calcular dicho coeficiente. Comprobará que necesitará para ello conocer el valor de una función trigonométrica, diseñe un proceso que le permita obtener dicho valor con su correspondiente incerteza.

4- Repita esto varias veces y obtenga un valor medio del coeficiente de fricción con la incerteza correspondiente (consulte con su profesor acerca de los diferentes procedimientos que puede emplear, decida por uno de ellos y utilícelo). Vuelva los valores medidos y los calculados en una tabla que le permita la fácil lectura e interpretación.

¿El valor del coeficiente; depende del área de superficie en contacto?

Para comprobar esto, repita los pasos (2) a (4) apoyando el cuerpo sobre otra cara, del mismo material, pero de diferente área. Compare físicamente los coeficientes encontrados y responda la pregunta justificando convenientemente.

¿El valor del coeficiente; depende del tipo de superficies en contacto?

Para poder contestar esta pregunta, repita los pasos (2) a (4) apoyando el cuerpo sobre otra cara de diferente material. Compare físicamente y responda la pregunta justificando convenientemente.

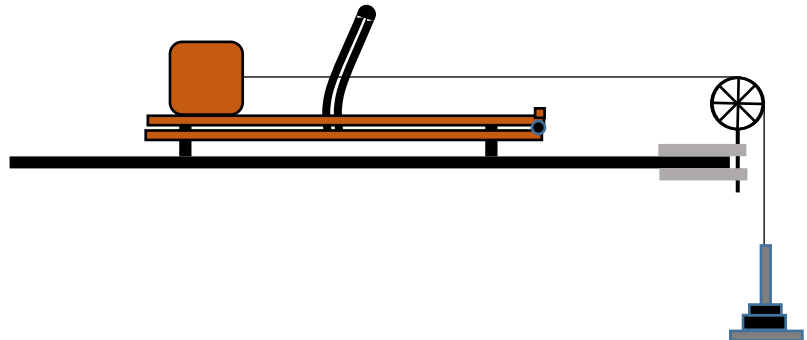
Segunda parte: Fricción cinética:

Deberá ahora:

- Determinar el valor del coeficiente de fricción cinética para diferentes tipos de superficie en contacto, expresando su valor con sentido físico.
- Verificar si hay o no dependencia del valor del coeficiente de fricción cinética con la intensidad de la fuerza normal a la superficie de apoyo.

Desarrollo:

Coloque el plano inclinado de manera que la placa superior se encuentre nivelada horizontalmente (describa el proceso utilizado para asegurarse de que la misma se encuentre en esa posición) y con ella arme el dispositivo que se muestra en el esquema.



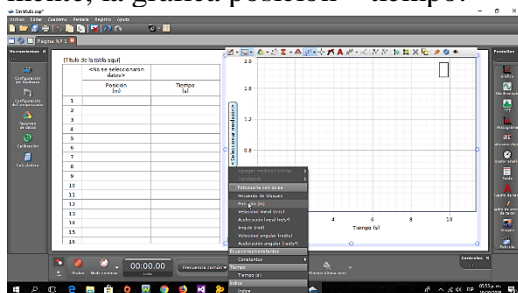
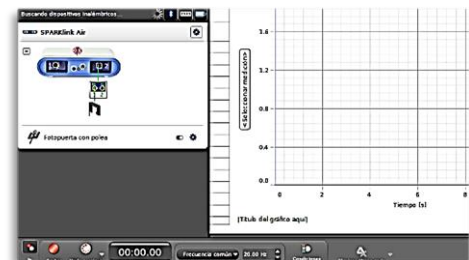
1- Mida la masa del bloque a utilizar y la del soporte de las pesas calibradas que utilizará con ayuda de la balanza

2- Vaya colocando pesas en el soporte correspondiente, hasta conseguir que el bloque deslice; anote entonces qué carga utilizó para que esto ocurra (*no olvide de sumar al valor de las pesas calibradas, la masa del soporte*). Anote este valor con su correspondiente incerteza.

3- Conecte la barrera infrarroja asociada a la polea inteligente.

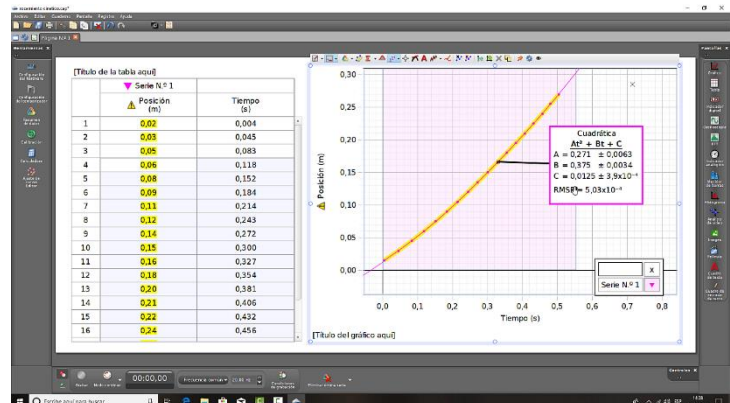
4- Inicie el software CAPSTONE, y configure el hardware a utilizar; en este caso: foto- puerta con polea.

5- Configure también la tabla de valores y las magnitudes a representar en cada eje del gráfico, de manera de obtener, a partir de los datos determinados experimentalmente, la gráfica posición – tiempo.



6- Una vez configurado todo, inicie la toma de datos presionando “grabar” a la vez que libera el taco para que deslice por el plano. Cuando el mismo está por completar el recorrido, presione “detener” para interrumpir la toma de datos. La gráfica que obtendrá (y que deberá

pulir y analizar) le informará acerca del tipo de movimiento con que deslizó el taco, y podrá conocer los parámetros de la ecuación horaria de la posición con sus correspondientes incertezas. De allí podrá extraer el valor de la aceleración para ese movimiento. Consulte con su docente acerca de la forma de proceder para el análisis de datos con el software CAPSTONE.



7- Construya los correspondientes diagramas de cuerpo libre para el taco y las pesas, y opere algebraicamente para encontrar la expresión que le permita calcular, en base a los datos obtenidos el valor del coeficiente de fricción cinética. Expresé el valor de este coeficiente con su correspondiente incerteza.

8- Repita el procedimiento apoyando ahora el cuerpo sobre una cara de diferente material y calcule el correspondiente coeficiente de fricción cinética a partir de los valores determinados experimentalmente.

¿El valor del coeficiente de fricción depende de la intensidad de la fuerza normal a la superficie de apoyo?

9- Coloque ahora algunas pesas sobre la cara superior del cuerpo, y repita todos los pasos hasta obtener nuevos valores de los coeficientes de fricción cinética.

10- Vuelva todos los resultados en una tabla resumen que le permita leerlos fácilmente y haga las comparaciones que necesite para elaborar sus conclusiones.

BIBLIOGRAFÍA:

- [1] Reese, Ronald Lane; "Física Universitaria"; (Editorial Thompson; México D.F.; México; 2002).
- [2] Máximo, Antonio; Alvarenga, Beatriz; "Física General"; (Editorial Oxford; México D.F.; México; 2000).
- [3] Resnick, Robert; Halliday, David; Krane, Kenneth S.; "Física, volumen uno"; (Editorial CECSA; México D.F.; México; 1998).
- [4] Castiglioni, Roberto; Perrazo, Oscar; Rela, Alejandro; "Física 1" (Editorial Troquel; Buenos Aires; 1981).
- [5] Hewitt, Paul; "Física Conceptual"; (Editorial Addison – Wesley Iberoamericana; Wilmington; U.S.A.; 1995).
- [6] Gil, Salvador y Rodríguez, Eduardo; "Física Re-creativa" (Editorial Prentice Hall; Buenos Aires; 2001)

LINKS DE INTERÉS:

Simulación de acción de fuerzas de fricción desarrollada por la Universidad de Colorado: <https://phet.colorado.edu/es/simulation/legacy/forces-and-motion>

Simulación interactiva de dinámica con acción de fuerzas de fricción, realizada por la Universidad de la República. República Oriental del Uruguay: <https://eva.fing.edu.uy/mod/page/view.php?id=59764>

Experimentos y simulaciones de dinámica con fricción: <http://intercentres.edu.gva.es/iesleonardodavinci/Fisica/Rozamiento/Rozamiento04.htm>