

Fuerzas de Rozamiento

Universidad Nacional General San Martín. Escuela de Ciencia y Tecnología.

Baldi, Romina romibaldi@hotmail.com

Viale, Tatiana tatianaviale@hotmail.com

Objetivos

- ✓ Estudio de las fuerzas de rozamiento entre un cuerpo y una superficie seca.
- ✓ Determinación de los coeficientes de rozamiento.

Resumen

En este trabajo práctico estudiamos las fuerzas de rozamiento tanto dinámica como estática falseando las leyes de la dinámica y la relación entre fuerza de roce y la normal. También observamos sus variaciones al alterar la masa del cuerpo y el ángulo del plano inclinado en el caso de la fuerza de rozamiento estática. Además determinamos el coeficiente de rozamiento para ambos casos.

Introducción

La fuerza de rozamiento es una fuerza de resistencia al movimiento relativo de dos cuerpos en contacto. Un sólido que reposa sobre una superficie plana y horizontal está sometido a una reacción normal a la superficie que equilibra su fuerza peso; al aplicarle una fuerza horizontal creciente en intensidad, el cuerpo está en reposo pues tal fuerza queda equilibrada por una reacción tangencial del plano sobre el cuerpo; aumentando la intensidad de dicha fuerza, llega un instante en que el sólido empieza a deslizarse sobre la superficie: la resistencia de la superficie en este momento es proporcional a la reacción normal siendo μ_e el coeficiente de proporcionalidad, también llamado, coeficiente de rozamiento estático. Por analogía la fuerza de resistencia en este punto también lleva el nombre de fuerza de rozamiento estática.

Si se supone que el movimiento ya está iniciado, se tiene que el rozamiento es también proporcional a la fuerza normal, pero el coeficiente de proporcionalidad μ_d , en este caso de rozamiento dinámico, es menor que el estático. Por tanto el rozamiento en el instante en que se inicia el movimiento es mayor que el valor que alcanza una vez que el movimiento está establecido.

Desarrollo**✓ *Determinación del coeficiente de rozamiento dinámico***

Armamos el dispositivo que se muestra en la figura 1 y elegimos las masas de manera tal que el movimiento fuera lo suficientemente rápido como para ser captado por el fotointerruptor.

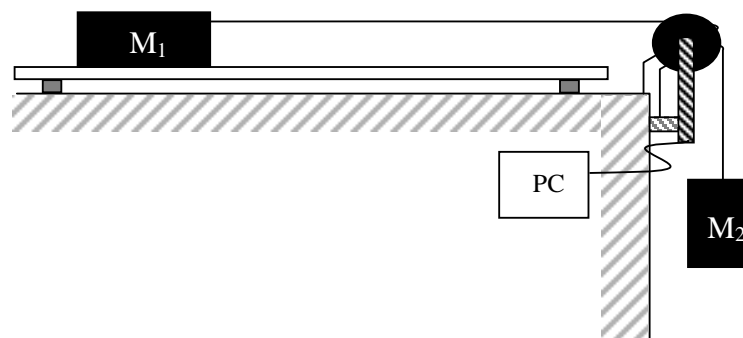


Figura 1: Dispositivo con el cual se estudió la fuerza de rozamiento dinámico

Para observar las variaciones al alterar la masa fuimos variando el peso del cuerpo M_1 utilizando los siguientes valores:

- Masa a = 0.136 kg
- Masa b = 0.186 kg
- Masa c = 0.206 kg
- Masa d = 0.216 kg

El cuerpo M_2 permaneció constante a lo largo de la experiencia siendo el valor de su masa igual a: $M_2 = 0.079 \text{ kg} = 79 \text{ g}$

Con el programa adecuado (Precision Timer) registramos el tiempo que tarda la polea en rotar un determinado ángulo. Sabiendo que ese ángulo es $\pi/10$ y que el diámetro de la polea es 4.83 cm., podemos calcular el espacio recorrido por el cuerpo en cada intervalo de tiempo (esto, considerando siempre que la cuerda es inextensible, de masa despreciable y que no existe rozamiento entre la cuerda y la polea). Con estos datos (espacio y tiempo) calculamos la velocidad en función del tiempo y graficamos.

Graficamos luego $a(M_1 + M_2)/g$ en función de M_1 con el fin no sólo de falsear las teorías sino además de obtener el valor del coeficiente dinámico ya que, aplicando la 2^{da}. Ley y la relación $F_r = \mu_d \cdot M_1 \cdot g$, obtenemos:

$$a(M_1 + M_2)/g = M_2 - \mu_d \cdot M_1 \quad (1)$$

Posteriormente repetimos el estudio con las mismas masas pero ahora procurando que la superficie en contacto sea la mitad de la utilizada anteriormente.

✓ **Determinación del coeficiente de rozamiento estático**

Tomamos un plano inclinado, colocamos sobre él un cuerpo al que llamamos M_3 y medimos el ángulo mínimo de inclinación para que dicho cuerpo comience a moverse. Realizamos el procedimiento tres veces con distintas masas para M_3 .

Cálculos teóricos:

$$N - P_y = 0 \quad P_y = N$$

$$P_x - F_r = 0 \quad P_x = F_r$$

$$F_r = \mu_e N$$

$$P_y = P \cos \Theta$$

$$P_x = P \sin \Theta$$

$$P_x/P_y = P \sin \Theta / P \cos \Theta = F_r/N = \mu_e N/N = \boxed{\mu_e = \tan \Theta} \quad (2)$$

Resultados:

✓ **Determinación del coeficiente de rozamiento dinámico**

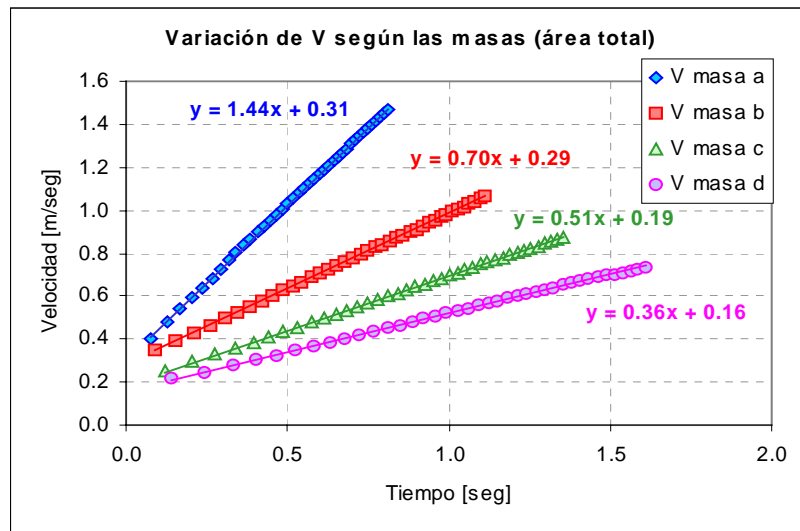


Figura 1: En esta figura se observa como varía la aceleración del cuerpo M_1 (pendiente de las rectas) a medida que se alteran su masa, M_2 es fija en todos los casos.

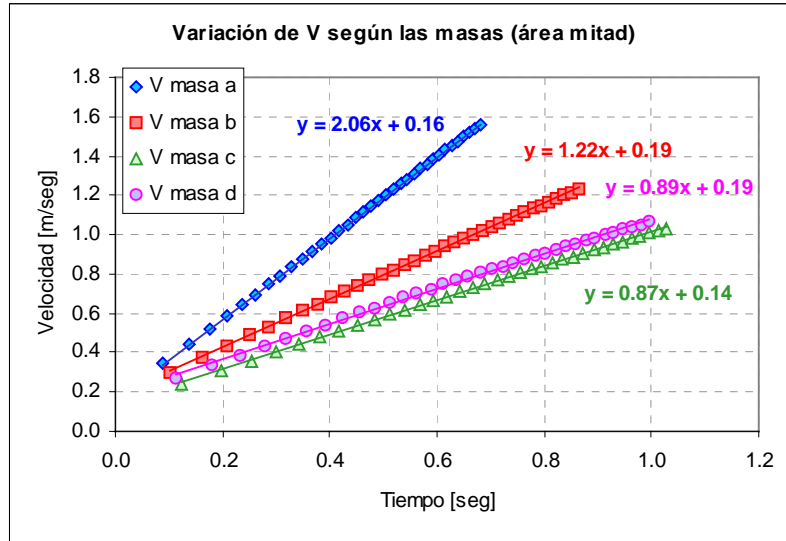


Figura 2: En este gráfico se observa como varía la aceleración del cuerpo M_1 (pendiente de las rectas) a medida que se alteran su masa. En este caso el área de contacto es la mitad de la del caso anterior.

Masa [kg]	Aceleración [m/seg ²]	
	Área total	Área mitad
0.136	1.448	2.062
0.186	0.699	1.221
0.206	0.509	0.874
0.216	0.365	0.896

Tabla 1: Aceleraciones de los cuerpos según la masa y el área de contacto

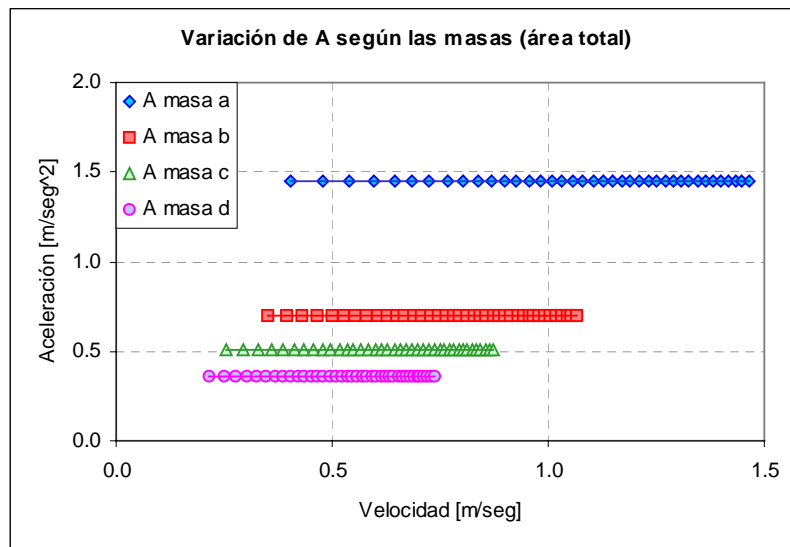


Figura3: En este gráfico se observa como va variando la aceleración del cuerpo M_1 a medida que aumenta su velocidad.

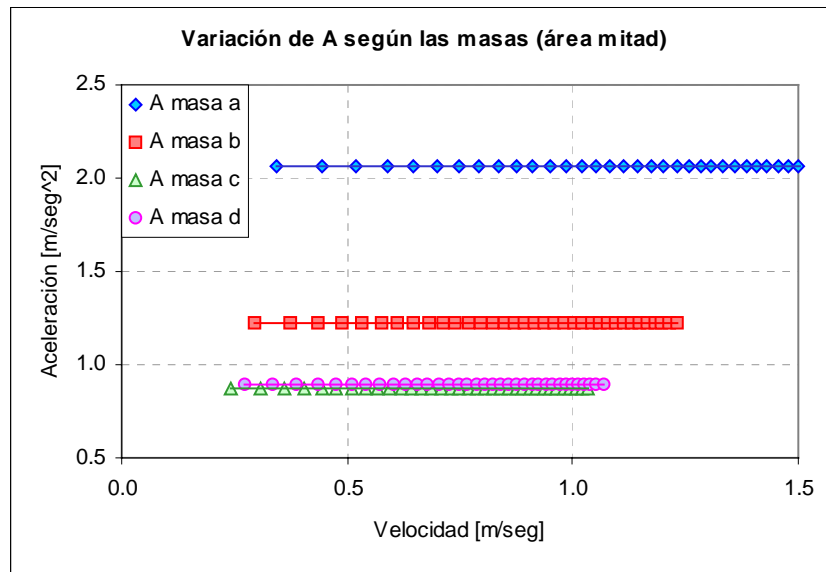


Figura 4: En este gráfico se observa como va variando la aceleración del cuerpo M_1 a medida que aumenta su velocidad. En este caso el área de contacto es la mitad de la del caso anterior.

Observación:

De aplicar las leyes de Newton al sistema obtenemos:

$$\Sigma F_x = F_r - T = m \cdot a \quad (1)$$

$$\Sigma F_y = T - M_2 = m \cdot a \quad (2)$$

Posteriormente observando los gráficos podemos ver que la aceleración no varía con la velocidad. Sabiendo que M_2 es constante, deducimos a partir de la fórmula (2) que la tensión también debe serlo. Con a , M_2 y T constantes podemos deducir, de la ecuación (1) que la fuerza de rozamiento también lo es y por lo tanto no depende de la velocidad.

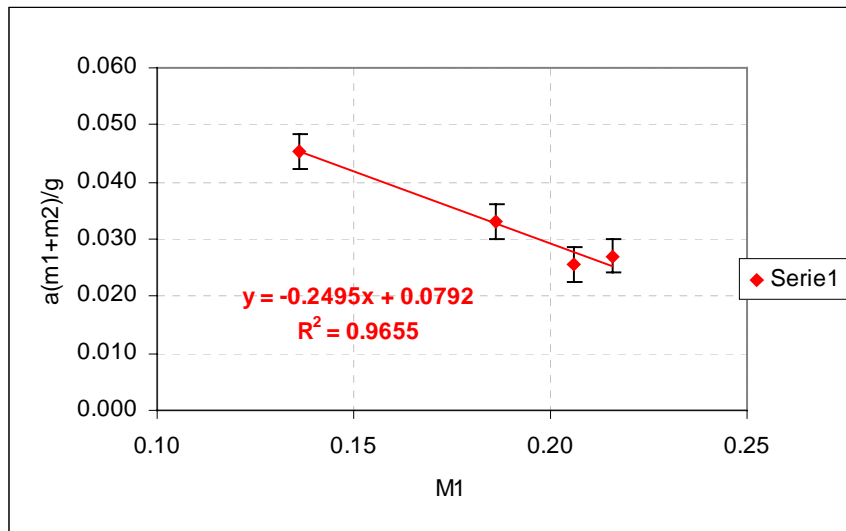


Figura 5: En este gráfico se observa como va variando $a.(M_1 + M_2)/g$ en función de la masa de M_1 . La pendiente corresponde al valor de $\mu_e=0.25$. Nótese que la dependencia de $a.(M_1 + M_2)/g$ con respecto a $a.(M_1 + M_2)/g$ es lineal, de acuerdo con la ec.(1).

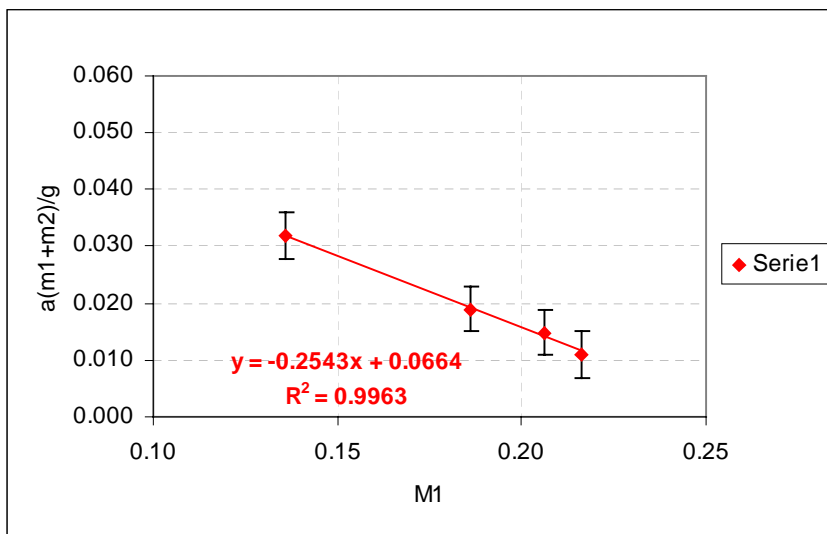


Figura 6: En este gráfico se observa como va variando $a.(M_1 + M_2)/g$ en función de la masa de M_1 . La pendiente corresponde al valor de $\mu_e=0.25$. Nótese que la dependencia de $a.(M_1 + M_2)/g$ con respecto a $a.(M_1 + M_2)/g$ es lineal, de acuerdo con la ec.(1).

Observación:

Haciendo un promedio de los valores obtenidos para el coeficiente de rozamiento dinámico:

$$\mu_d = 0.252 \pm 0.001$$

✓ *Determinación del coeficiente de rozamiento estático*

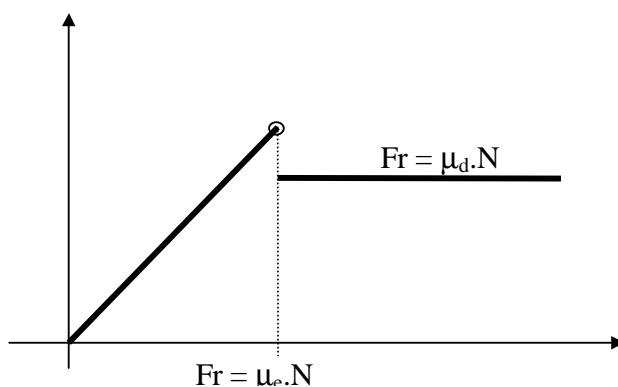
<i>Masa (g)</i>	<i>Angulo de inclinación</i>	μ_e	<i>Incertidumbre</i>
136.03	0.382	0.37	+/- 0.02
206.57	0.376	0.36	+/- 0.02
639.03	0.278	0.27	+/- 0.02

Realizando un promedio obtenemos que:

$$\mu_e = 0.33 \pm 0.02$$

Conclusión:

- ✓ Pudimos comprobar que siempre que se trabaje de manera tal que la masa de la cuerda, la masa de la polea y los roces entre ambas puedan considerarse despreciables, podrán utilizarse las leyes de Newton para describir las fuerzas actuantes en este sistema.
- ✓ Según los resultados obtenidos podemos comprobar que la fuerza de rozamiento depende del peso, es decir, de la masa del cuerpo, y no del área que está en contacto con la superficie ni de la velocidad que alcanza el cuerpo.
- ✓ Pudimos además comprobar que el coeficiente de rozamiento estático es más alto que el coeficiente de rozamiento dinámico lo que trae apareada la gran diferencia entre las fuerzas de rozamiento que se ejercen mientras el cuerpo está quieto y una vez que se ha iniciado el movimiento.



Bibliografía:

1. Física re-Creativa –S. Gil y E. Rodríguez – Prentice Hall – Madrid 2001
2. Enciclopedia Salvat – Salvat Editores S.A. – Barcelona
3. Física Clásica y Moderna - W. E. Gettys, F.J. Keller y M.J. Skore – Mc Graw Hill