

Dinámica *stick-slip* inducida por fricción

Martin Maza-Cuello¹, and Diego Maza¹

¹ Departamento de Física y Matemática Aplicada, Facultad de Ciencias, Universidad de Navarra, E-31080 Pamplona, Spain.

En este trabajo estudiamos experimentalmente la dinámica macroscópica de una masa (el “caminante”) sobre una base plana que oscila horizontalmente [1], como se muestra en la Fig. 1. En este sistema, la transición entre fricción estática y dinámica puede provocar que el caminante rectifique el movimiento oscilatorio de la base, generando un desplazamiento neto donde las no linealidades juegan un papel fundamental [2].

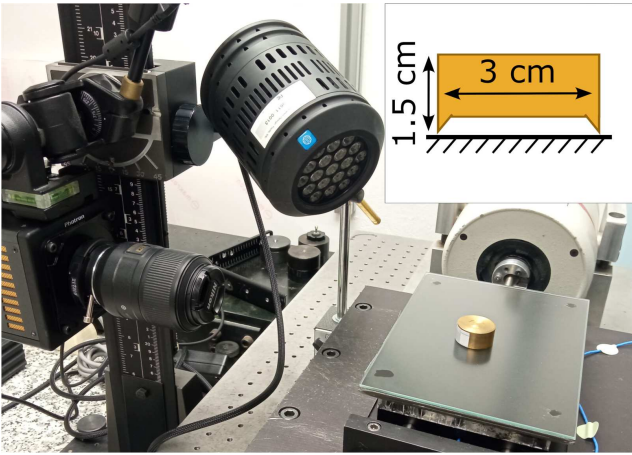


Fig. 1. Vista general del sistema experimental. El detalle muestra las dimensiones relevantes del caminante. La superficie es de vidrio esmerilado y el caminante, de latón.

Cuando la fuerza es sinusoidal, la simetría de la señal impide el transporte. Sin embargo, la dinámica *stick-slip* del caminante tiene una amplitud menor y está desfasada con respecto a la oscilación de la base. A partir de las ecuaciones dinámicas del sistema, se encuentran dos regímenes de oscilación distintos cerca y lejos de la aceleración umbral $\gamma^* = \mu_s g$. Experimentalmente se verifica la existencia de estos dos regímenes, permitiendo obtener buenas estimaciones de los coeficientes de fricción estática (μ_s) y dinámica (μ).

A continuación se estudió una fuerza biarmónica. Se fijó la frecuencia en $f = 20$ Hz y la misma amplitud para ambos armónicos, y se estudió la velocidad de deriva v_D variando dos parámetros: la fase relativa φ entre los armónicos y la aceleración máxima γ . Cuando γ está cerca del umbral, la modulación de la amplitud en función de φ hace que sólo se encuentre deriva para ciertos intervalos de φ . Para γ lejos del umbral, la velocidad de deriva v_D del caminante depende sinusoidalmente con φ como muestra la Fig. 2. La no linealidad del sistema permite además invertir el sentido de transporte para φ fija con tan sólo aumentar γ .

Extendiendo el análisis desarrollado para el caso de la señal sinusoidal pura, se obtuvo una expresión de la velocidad de deriva v_D en función de los parámetros del sistema a partir de una aproximación de *no-stick*. Esta expresión tiene como único parámetro de ajuste el coeficiente de fricción dinámico μ , que se midió previamente para el mismo sistema con la señal sinusoidal. El buen acuerdo con las medidas experimentales, como se muestra en la Fig. 2, valida esta aproximación y permite, para un cierto valor de γ , elegir la fase relativa φ de manera que se maximice v_D .

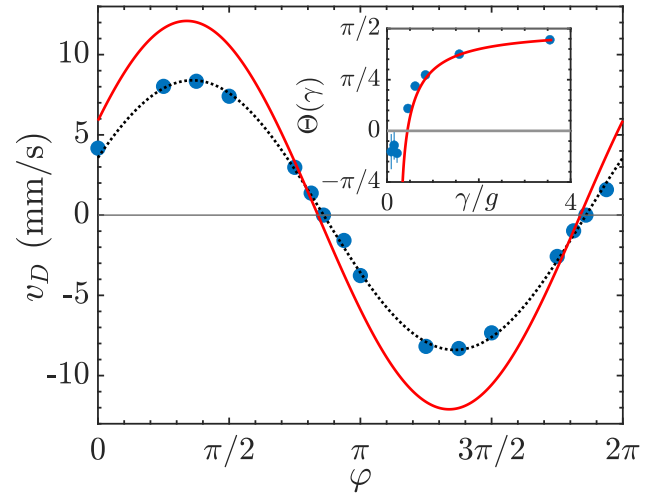


Fig. 2. Velocidad de deriva v_D para $\gamma = 0.62g$ en función de φ . Puntos azules: medidas experimentales (error menor que el tamaño del símbolo). Línea discontinua (en negro): ajuste a una función sinusoidal. Curva continua (en rojo): predicción de la aproximación *no stick*. Recuadro: fase Θ que satisface $v_D(\Theta) = 0$ (sin deriva), en función de la aceleración γ (símbolos como en el panel principal).

Este sistema permite, por tanto, una medida de los coeficientes de rozamiento y la determinación del conjunto de parámetros que maximizan el transporte. Las medidas aquí presentadas resultan un primer paso para caracterizar el transporte debido a otras fuerzas oscilantes o el efecto de la lubricación, además de abrir interrogantes acerca de la dinámica global de un sistema de muchos caminantes fabricados con el mismo o distinto material.

[1] M. Maza-Cuello, D. Maza, enviado a Phys. Rev. Applied.

[2] J. Nath, S. Das, A. Vishwakarma, and A. DasGupta, *Directed transport of a particle on a horizontal surface under asymmetric vibrations*, Physica D **440**, 133452 (2022).