

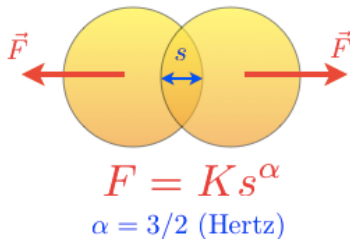
## MÉTODOS DE SIMULACIÓN – FÍSICA Taller 1, Ejercicio 4

### CUNA DE NEWTON

Considere una cuna de Newton formada por tres péndulos iguales, formados por cuerdas de longitud  $L = 12\text{ cm}$  de las que cuelgan masas esféricas de radio  $R = 1.5\text{ cm}$  y masa  $m = 100\text{ g}$ , como se muestra en la figura. Las fuerzas elásticas de colisión entre dos esferas están gobernadas por la Ley de Hertz,

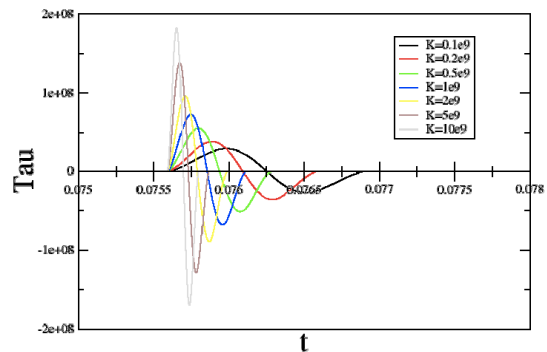
$$F = K s^{3/2},$$

que nos dice que  $F$ , la magnitud de la fuerza, es proporcional a la distancia de interpenetración aparente  $s$  entre las dos esferas a la potencia 1.5. La constante  $K$  es función de las constantes elásticas y los radios de las dos esferas, y tiene unidades de  $\text{kg}/(\text{m}^{0.5}\text{s}^2)$ .

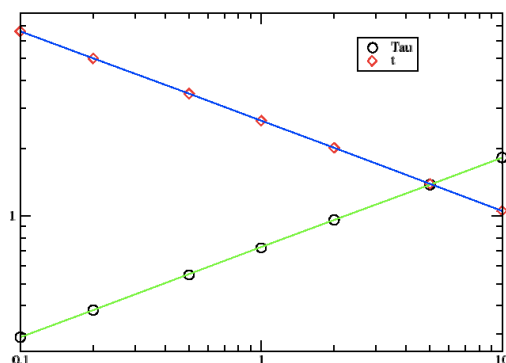


El primer péndulo, al chocar contra el segundo, lo obliga a su vez a chocar contra el tercero, dejándolo prácticamente en reposo. Vamos a asumir que el primer péndulo inicia con un ángulo de  $15^\circ$ , mientras que los demás inician verticalmente.

- a) Grafique el torque sobre el péndulo de la mitad en función del tiempo  $t$  para valores de  $K = 0.1, 0.2, 0.5, 1, 2, 5$  y  $10 \times 10^{10} \text{ kg}/(\text{m}^{0.5}\text{s}^2)$ . Las curvas resultantes parecen una oscilación seno (aunque no lo son).



- b) Mida el torque máximo  $\tau_{\max}$  y la duración de media oscilación  $t_{\max}$  para cada valor de  $K$ , y consigne los resultados en una tabla.



- c) Grafique  $\tau_{\max}$  y  $t_{\max}$  en función de  $K$  en ejes log-log y encuentre con qué leyes de potencias  $\tau_{\max} = A K^a$  y  $t_{\max} = B K^b$  se pueden aproximar estas dos funciones.

- d) Reescale la gráfica del punto a) y compruebe que al dibujar  $\tau \cdot K^{-a}$  en función de  $(t - t_0) \cdot K^{-b}$  (con  $t_0$  el instante en el que inicia el primer contacto) todas las figuras caen en una misma curva.

- e) Utilice análisis dimensional y el teorema Pi de Vaschy-Buckingham para hallar los exponentes teóricos  $a$  y  $b$  de las leyes de potencias del punto c), y compárelos con los obtenidos computacionalmente.

### Para la entrega

El envío (.pdf de la presentación y programas .cpp) debe contener:

- a) El programa .cpp que implementa la simulación de la cuna de tres péndulos.
- b) Las gráficas de los puntos a), c) y d).
- c) La deducción del punto e).

### Referencias

- [1] [https://es.wikipedia.org/wiki/Teorema\\_%CF%80\\_de\\_Vaschy-Buckingham](https://es.wikipedia.org/wiki/Teorema_%CF%80_de_Vaschy-Buckingham).
- [2] <http://www.cns.gatech.edu/~luzvela/epigrafe/teoremapi.pdf>.