

Propuesta de investigación: Reto 10

Sebastian Alba, Brayan Amorocho, Nicolas Mantilla
Universidad Industrial de Santander
Bucaramanga

12 de marzo de 2024

Índice

1. Introducción	2
2. Estado del Arte	2
3. Objetivos	3
3.1. Objetivo general	3
3.2. Objetivos específicos	3
4. Metodología	3
4.1. Montaje experimental	3
4.2. Toma de datos	4
4.3. Enfoque del modelo	4

Resumen

La dinámica de fluidos es una disciplina fundamental en la física y la ingeniería, con una amplia gama de aplicaciones que abarcan desde la aerodinámica hasta el plasma. En este estudio, se investiga un fenómeno particular: la oscilación de una pelota cuando es impactada por un chorro de agua sobre una superficie plana. El objetivo principal es parametrizar estas oscilaciones para comprender mejor su comportamiento y sus implicaciones prácticas.

Tras realizar una revisión exhaustiva del estado del arte, se encuentra que este desafío fue originalmente planteado en el *International Physicists' Tournament (IPT)*, lo que ha dado lugar a un par de publicaciones que proponen soluciones para comprender el movimiento oscilatorio presente en el fenómeno. Este contexto proporciona una valiosa perspectiva científica para el presente estudio.

Para el desarrollo de la investigación, se proponen dos enfoques complementarios: uno teórico y otro experimental. En el enfoque teórico, se pretende construir un modelo teórico que describa de manera precisa el comportamiento del sistema. Por otro lado, en el enfoque experimental se propone un montaje donde se registran datos del desplazamiento unidimensional de la pelota oscilante. Este montaje experimental incluye la variación de tres factores: el material de la pelota, su tamaño y la velocidad de la corriente de agua. Posteriormente, esta experiencia será repetida para un movimiento bidimensional de la pelota.

En última instancia, con el objetivo de evaluar la validez y la precisión del modelo encontrado, se llevará a cabo una comparación entre el modelo teórico propuesto y los datos experimentales recopilados.

1. Introducción

Una de las ramas más interesantes de la física es la dinámica de fluidos, pues presenta una diversidad de fenómenos no cotidianos que despiertan el interés en la comunidad científica. En particular, resulta intrigante estudiar la interacción que pueden tener los fluidos con cuerpos rígidos. Tener clara esta interacción resulta esencial en numerosas aplicaciones prácticas, como lo es la aerodinámica, la magnetohidrodinámica, la aeronáutica e incluso el plasma.

La interacción entre una pelota sobre una superficie plana, golpeada por un chorro de agua puede resultar en un fenómeno interesante: la pelota puede comenzar a oscilar. Este fenómeno, que involucra aspectos de la mecánica de fluidos y la dinámica de sólidos rígidos, puede resultar contraintuitivo. Inicialmente, se podría pensar que la pelota sale eyectada lejos del chorro, sin embargo, tras realizar un análisis más riguroso es posible encontrar algunos parámetros que explican porqué la pelota comienza a oscilar.

Cuando la pelota oscila, el agua que cae sobre ella tiende a adherirse a su superficie curva en lugar de caer directamente sobre la superficie plana. Este fenómeno, conocido como [Efecto Coandă](#), se debe a las fuerzas intermoleculares entre el fluido y el sólido en cuestión. La adherencia del agua cambia la distribución del flujo alrededor de la pelota y afecta la resistencia que experimenta durante su movimiento oscilatorio.

A lo largo del estudio se propone investigar la posibilidad de parametrizar las oscilaciones de una pelota en un chorro de agua. Se pretende establecer un equilibrio entre la experimentación práctica y el análisis teórico, con el fin de comprender mejor el comportamiento de este fenómeno particular. Este enfoque busca no solo caracterizar las oscilaciones observadas, sino también proporcionar una base científica sólida para su descripción y análisis.

En este orden de ideas, en la sección [2] se presenta un panorama del conocimiento existente alrededor del tema de estudio, explicando el fenómeno físico relacionado con el objetivo de contextualizar el presente trabajo. En la sección [3] se establecen los propósitos y metas de la investigación. Finalmente, en la sección [4] se discute la metodología a emplear para el desarrollo del presente estudio.

2. Estado del Arte

Este reto se plantea originalmente en el [International Physicists' Tournament \(IPT\)](#) en su edición 2019, con lo cual, por la naturaleza del torneo, ya un par de equipos participantes han publicado sus propuestas de solución a la comprensión del movimiento oscilatorio presente en este fenómeno.

En [[Pagaud and Delance, 2021](#)], los autores emplean un cilindro, en vez de una bola, colocado bajo un chorro de agua para aproximarse al problema. Los autores miden las fuerzas y el torque aplicados por el chorro sobre el cilindro y desarrollan un modelo mecánico que predice el período de oscilación en función de la masa, la geometría y las características del chorro. El origen de las

oscilaciones se atribuye a un [histéresis](#) dinámico, que es una consecuencia de la adherencia del agua a la superficie curva del objeto. Este efecto proporciona energía al sistema que compensa las pérdidas por fricción y capilaridad.

Por otro lado, en [[Michalke et al., 2020](#)], además de dar una extensa discusión acerca de la relevancia educativa del torneo, los autores estudian el fenómeno suspendiendo una bola con una cuerda para estudiar el flujo del agua sobre la superficie de la bola. Así, desarrollan un modelo teórico que explica las oscilaciones como el resultado de una fuerza restauradora que depende del momento transferido por el chorro de agua al desviarse en la bola, y de un retraso temporal entre el desplazamiento de la bola y la fuerza restauradora. El retraso temporal es el responsable de generar una fuerza impulsora que sostiene las oscilaciones. Los autores comparan sus predicciones teóricas con resultados experimentales, y encuentran un buen acuerdo para pequeñas amplitudes de oscilación.

Finalmente, la adherencia de los fluidos se entiende por el [Efecto Coandă](#), el cual atribuye este fenómeno a las fuerzas intermoleculares entre el fluido y el sólido en cuestión, siendo estas mayores que las dadas entre las moléculas del propio fluido si hay más adherencia al sólido.

3. Objetivos

3.1. Objetivo general

Analizar el movimiento de varias pelotas de diferentes materiales cuando son impactadas por un chorro de agua que incide desde una altura determinada, así como las relaciones entre el movimiento de las esferas y distintos parámetros del sistema físico.

3.2. Objetivos específicos

- Construir un modelo analítico o numérico parametrizado por el material y el tamaño de la pelota, además de la velocidad de caída del chorro, que describa el comportamiento del sistema.
- Comparar las predicciones del modelo planteado con los resultados experimentales.

4. Metodología

4.1. Montaje experimental

Sobre una superficie de plástico se posará una pelota la cual estará apoyada sobre un riel de plástico (además de sobre la superficie) para limitar su dinámica a una sola dimensión. Sobre la pelota se dejará caer un chorro de agua delgada (respecto al tamaño de la pelota) la cual sale de una manguera alimentada por un reservorio de agua ubicado a una altura mayor que la boquilla de salida de la manguera. Del movimiento resultante de la pelota se hará un seguimiento del cual se analizarán algunos parámetros en los siguientes apartados.

Al montaje previamente descrito se le variarán tres factores: la velocidad a la que cae la corriente de agua (variando la altura del reservorio de agua), el material de la pelota (plástico o goma), y el tamaño de la pelota (sujeto a las pelotas que se consigan).

Adicionalmente del montaje anterior, se hará un segundo montaje con la única diferencia respecto al anterior, es que este no conllevará el riel que limita el movimiento, por lo que el sistema dinámico de este montaje constará de un movimiento bidimensional. Este se hará con el propósito de comparar el modelo propuesto para un sistema unidimensional con el sistema de dos dimensiones.

De los montajes previamente descritos se tomarán videos del movimiento de las pelotas en cada configuración distinta de los factores a variar. La cámara utilizada para esto será de teléfono celular, en concreto un xiaomi *Redmi12C*.

4.2. Toma de datos

Previo a hacer cualquier tipo de medición relacionada al montaje, se harán mediciones del tamaño de las pelotas, el ancho de las mangueras y la altura a la que empezará a caer el agua.

De los montajes previamente descritos se tomarán videos del movimiento de las pelotas en cada configuración distinta de los factores a variar. La cámara utilizada para esto será de teléfono celular, en concreto un xiaomi *Redmi12C*. Se tomarán videos (de 10 segundos cada uno) de cada configuración de parámetros, a los cuales se les hará un seguimiento usando el software *Tracker*, con el que se registrarán datos de: Posición, Velocidad, y aceleración.

4.3. Enfoque del modelo

Con base en la bibliografía presente respecto a este problema, es pertinente considerar efectos de fluido y el efecto coanda, sin embargo, se hará una primera aproximación considerando al problema con una dinámica de fuerzas sobre un cuerpo rígido. Finalmente, usando el modelo planteado se hará el análisis del comportamiento que tendría este mismo modelo bajo condiciones semejantes a las del montaje experimental, comparando así lo descrito por el modelo con lo observado en el experimento.

Referencias

- [Michalke et al., 2020] Michalke, S., Fösel, A., and Schmiedeberg, M. (2020). Oscillations due to time-delayed driving of a ball in a water jet—a challenging problem of the international physicists’ tournament 2019. *European Journal of Physics*, 41(5).
- [Pagaud and Delance, 2021] Pagaud, F. and Delance, L. (2021). Driven oscillations of a curved object under a laminar jet of water. *Emergent Scientist*, 5.