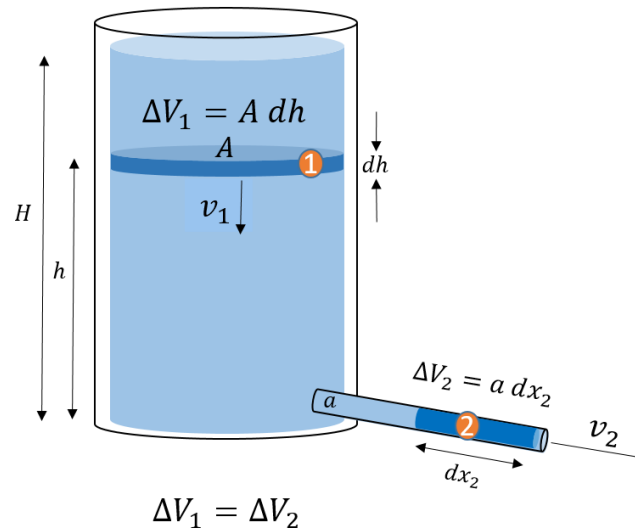


PRÁCTICA PROPUESTA #1. Leyes de conservación en el vaciado de un tanque.

El propósito de esta práctica es realizar experiencias con mediciones de magnitudes físicas que permitan visualizar y entender la ley de conservación de la energía mecánica y la conservación de la masa en un sistema real y sacar conclusiones de interés cuando haya desviaciones. Se considera un fluido como un medio continuo que fluye en forma estacionaria (velocidad constante)



Introducción:

Conservación de la masa. La formulación matemática de la ley de la conservación de la masa al desplazarse un fluido de un punto 1 a un punto 2 es simplemente $m_1 = m_2$, si no hay fugas. Si el fluido es incompresible, no cambia la densidad y esto implica que el volumen también es constante $V_1 = V_2$. Si el flujo es estacionario el **caudal** o **gasto** en el punto 1 (definido como el volumen que circula por el tubo en el punto 1 en la unidad de tiempo $G = V/t$) también es igual en el punto 2, esto es, $G_1 = G_2$.

Ahora bien, recordando que el volumen de un tubo es su área transversal multiplicada por su longitud X y que esa longitud recorrida a velocidad constante es $X = v \cdot t$, se llega a que la relación que se conserva es $G = \frac{V}{t} = A_1 v_1 = A_2 v_2$

Esta ecuación se denomina "ecuación de continuidad" del fluido y de ella se deduce que la velocidad en el punto del tubo donde el área transversal del tanque es A y un punto donde el área más pequeña (el orificio de salida) es " a ", es

$$A_1 v_1 = \frac{A}{a} v_2 \quad \text{Ec.1}$$

Conservación de la energía. Se puede considerar el vaciado del tanque como una caída libre de un objeto desde una altura H . Aplicando la ley de la conservación de la energía mecánica en el punto inicial a una altura H y la energía mecánica al final en $h=0$, se obtiene la siguiente relación entre la altura del objeto h medida desde el piso y el tiempo, siendo g la aceleración de la gravedad:

$$h = H - g \frac{t^2}{2}$$

El tiempo total de caída ($h=0$) para este caso, sería

$$t = \sqrt{\frac{2H}{g}}$$

Combinación de la conservación de la masa y la energía. Para el caso de un fluido estacionario en un tubo, un investigador combinando las dos leyes de conservación descritas (el proceso matemático de deducción no interesa para el propósito de este experimento) propone el siguiente modelo físico:

$$h = H - \sqrt{2gH} \left(\frac{a}{A} t\right) + \frac{g}{2} \left(\frac{a}{A} t\right)^2 \quad \text{Ec. 2}$$

Como se observa, es una relación parabólica en el tiempo. Ahora bien, despejando t de la **Ec. 2** y haciendo $h=0$, obtiene la siguiente expresión para el tiempo total de vaciado del tanque:

$$t = \frac{A}{a} \sqrt{\frac{2H}{g}} \quad \text{Ec. 3}$$

Como se observa, esta ecuación resulta idéntica a la del objeto en caída libre, excepto por el factor de demora que es causado por la diferencia de áreas transversales en el punto inicial y en la salida del tanque (boquilla o sifón). Según el investigador que propone el modelo teórico no hay que tener en cuenta la fricción o la viscosidad del líquido si la viscosidad es menor a un centipoise como ocurre por ejemplo el agua, las bebidas acuosas y los alcoholes.

Objetivos específicos:

- Determinar la ecuación empírica que describe la relación entre la altura inicial y el tiempo total del proceso de vaciado. La altura inicial se mide entre el nivel inicial del líquido y el centro de la boquilla u orificio. Medir los parámetros fijos relevantes y comparar con la **Ec.3** teniendo en cuenta la propagación de errores por medidas indirecta.
- Determinar la relación empírica entre la altura del nivel del líquido y el tiempo de vaciado. Medir los parámetros relevantes y comparar con la **Ec.2** teniendo en cuenta la propagación de errores por medida indirectas.
- Verificar si se cumple o no el principio de conservación de la energía que supone el modelo presentado en la introducción. En caso de detectarse desviaciones proponer ideas para explicar estas desviaciones con parámetros no considerados en el modelo original (por ejemplo, el efecto de la fricción contra las paredes, la viscosidad del fluido, el diámetro efectivo del orificio de salida o la forma o posición de la boquilla o del orificio). Diseñar experimentos adicionales que permitan valorar cual es la causa preponderante de la desviación.

Materiales:

- Recipiente (tanque o botella vacía de refresco o de otra clase; puede ser de volúmenes entre 1.5 o 2 litros) preferiblemente con geometría cilíndrica (evitar formas cónicas).
- Un líquido a vaciar de baja viscosidad (agua, por ejemplo).
- Regla, cinta métrica o flexómetro de referencia.
- Cronómetro o reloj para registrar el tiempo de vaciado.

- Cámara para registrar video del proceso de vaciado (puede ser la cámara de un Smartphone o la cámara de un portátil o PC), donde se vea tanto la cinta métrica de referencia (o regla o flexómetro) como el cronómetro.
- Marcador permanente, o cinta de enmascarar para marcar en la superficie del recipiente las diferentes alturas de vaciado.

Metodología de la actividad:

Nota: Las metodologías de trabajo aquí descritas son simplemente una ayuda como iniciativa para el desarrollo de la actividad. De ninguna manera intenta sustituir el libre pensamiento, crítico y científico. El estudiante es el responsable de hacer las consultas de conceptos o teorías físicas relevantes para resolver el problema propuesto, así como del diseño experimental y de toma de datos requerido (ver referencias bibliográficas abajo).

Para registrar la trayectoria y obtener una medida de las magnitudes físicas asociadas al problema, debe usar una cámara de video. Por ello, dentro de su protocolo y montaje experimental debe considerar una ubicación óptima de la cámara digital con la que va a grabar el video, de manera que el campo de enfoque abarque todo el proceso de vaciado, de modo que dicha trayectoria pueda ser analizada posteriormente.

Es importante que en el campo de enfoque, y cerca de la trayectoria del cuerpo, se ubique y sea visible una regla o algún objeto de longitud bien conocida. Verifique que la iluminación sea apropiada para que el objeto en caída libre sea fácilmente apreciado en el video.

Se procede a registrar el vídeo del nivel del líquido, asegurándose que el movimiento comienza desde el reposo. La trayectoria y los datos cinemáticos se reconstruyen a partir de la técnica de análisis “cuadro por cuadro” del video obtenido. Las distancias se miden en pixeles y se puede hacer la correspondencia a cm o metros con base en la cinta métrica (o alguna otra referencia de longitud conocida) que aparezca en las imágenes.

Cada grupo debe anotar en su bitácora la hipótesis y el (los) objetivo(s) de la práctica, además de registrar un pequeño resumen de la teoría consultada. Idear y dejar registrado en su bitácora el protocolo experimental, haciendo un diagrama del montaje experimental, listando los implementos necesarios, las variables a medir, los instrumentos o métodos de medida y cómo va a analizar los resultados previos o finales.

Nota 1: Se debe hacer énfasis en el manejo de la incertidumbre de cada medida directa y de la incertidumbre de resultados obtenidos de manera indirecta (propagación de error).

Nota 2: El informe se entrega en un archivo tipo PDF, con formato tipo artículo (máximo 5 páginas).

REFERENCIAS RECOMENDADAS

[1] Tianshu Liu et al. *“Drainage and filling in cylindrical and rectangular containers”*.

Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers Part D Journal of Automobile Engineering 222(4):565-577.

March 2008

https://www.researchgate.net/publication/245391048_Drainage_and_filling_in_cylindrical_and_rectangular_containers

[2] **L.F. Plaza Gálvez.** *“Modelamiento Matemático para vaciado de Tanques”*

Scientia et Technica 22(1):89. March 2017

https://www.researchgate.net/publication/319947257_Modelamiento_Matematico_para_vaciado_de_Tanques

[3] **C.O. Aldaretes y N.F. Bertollo.** *«Cálculo de tiempo de descarga de tanques y recipientes»*.

Universidad Tecnológica Nacional de Argentina. Cátedra de las Instalaciones. Departamento de Ingeniería Química

Serie N°4 / 2004 – Argentina

<https://www.slideshare.net/taniaestefanygamboavila/calculo-del-tiempo-de-descarga-de-tanques-y-recipientes>