

A. Resumen y objetivos

En esta sesión se estudiará el principio de Arquímedes y la fuerza de empuje que siente un objeto de cierta densidad ρ_o al estar sumergido bajo un fluido de densidad ρ_f . Con esta práctica se espera que el estudiante:

- Reconzca que los cuerpos sumergidos experimentan una fuerza de empuje vertical, en sentido opuesto al peso del mismo.
- Sepa que esta fuerza de empuje es igual en magnitud al peso del fluido desplazado por el cuerpo.
- Realice medidas de fuerza de empuje con objetos sumergidos en agua.
- Realice una *calibración* del sensor de fuerza, pues las medidas de fuerza de empuje requieren una buena precisión.
- Verifique el cumplimiento del principio de Arquímedes a partir de las medidas de fuerza de empuje.

B. Materiales

- Un soporte universal
- Sensor de fuerza
- Una esfera de vidrio y un cilindro metálico
- Masas
- Una cubeta
- Agua
- Pie de metro
- Una balanza digital
- Matlab y SignalExpress

C. Datos

- Constante de gravedad en Santiago: $g = 9,796 \text{ m/s}^2$.
- Densidad del agua a $22 \text{ }^\circ\text{C}$: $\rho_f = 1000 \text{ kg/m}^3$.

D. Procedimientos

En esta práctica se realizarán una serie de medidas de fuerza (peso) y algunas de longitud y de masa. Las medidas de fuerza se realizarán usando el sensor, la tarjeta NI-USB-DAQ y el programa SignalExpress, tal como se indica en el anexo de la guía práctica de la unidad 7A. En U-Cursos encontrará un programa que le permitirá tomar 1 s de medidas a una velocidad de 200 medidas por segundo. Para cada medida de fuerza reporte el valor promedio y el error obtenido con esta serie de medidas.

E. Experiencias

Experiencia 1.- Calibración del sensor de fuerza en el rango $\pm 10 \text{ N}$.

El buen desarrollo de esta sesión requiere de una calibración de cada sensor de fuerza. Esto significa que cada grupo tendrá que obtener las constantes de conversión A y B de la relación lineal $F = A \cdot U + B$ de su sensor de fuerza. Es importante notar que la masa del gancho del sensor, que llamaremos m_G , no es conocida. En principio se debe tratar de determinar esta masa. Para ello siga el procedimiento indicado a continuación.

Se pide que haga lo siguiente:

- E1a** *Mida el voltaje correspondiente al peso del gancho del sensor, primero con el sensor apuntando hacia "arriba", y después, hacia "abajo". Denotaremos al conjunto voltaje-fuerza (U_-, F_-) y (U_+, F_+) respectivamente.*
- E1b** *Para al menos 4 masas diferentes, obtenga una medida del valor medio y error absoluto de cada voltaje asociado. Reporte los datos en una tabla en una hoja adjunta. Agregue a esta tabla los valores obtenidos en la parte E1a.*
- E1c** *A través de una regresión lineal obtenga los valores de las constantes A y B . Para ello siga estos pasos: (1) Dado los valores promedios de cada voltaje asociado a cada masa se obtiene el siguiente conjunto de ecuaciones*

$$\begin{aligned}F_- &= -m_G g = A \cdot U_- + B, \\F_+ &= +m_G g = A \cdot U_+ + B, \\F_1 &= (m_1 + m_G)g = A \cdot U_1 + B, \\F_2 &= (m_2 + m_G)g = A \cdot U_2 + B, \text{ etc...}\end{aligned}$$

donde m_1, m_2, \dots son las masas utilizadas. (2) A pesar de que no conocemos m_G se puede realizar una regresión lineal con el conjunto de datos $(U_1, m_1g), (U_2, m_2g),$

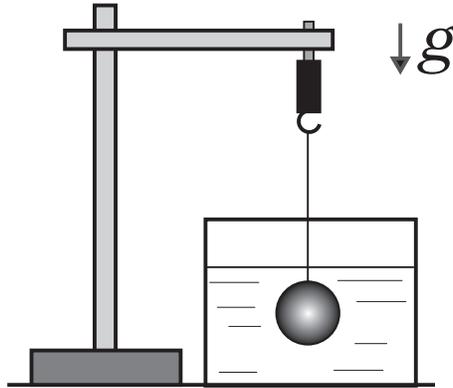


Figura 1: Esquema del montaje experimental. Para la experiencia 1, donde se calibrará el sensor, las masas no deben ser sumergidas en la cubeta de agua.

etc.. pero con las constantes A y $B' = B - m_G g$. (3) Determinados A y B' , obtenga B y m_G con las dos ecuaciones para F_- y F_+ .

Nota: La regresión lineal se debe hacer con la función **polyfit** de Matlab, explicada en la guía práctica de la unidad 4C. Si tiene dudas de su utilización escriba **help polyfit** en la línea de comando de Matlab.

Experiencia 2.- Principio de Arquímedes.

En esta parte se estudiará el efecto de sumergir un objeto de masa y volumen conocido bajo el agua. Se estudiarán dos objetos, una esfera de vidrio y un cilindro metálico. El objetivo principal es verificar que se cumple el principio de Arquímedes.

Se pide que haga lo siguiente:

- E2a** Usando la balanza digital, mida por separado la masa de la esfera y del cilindro. Realice 5 medidas y, reporte un valor promedio y su error.
- E2b** Usando el pie de metro, mida por separado el volumen de la esfera y del cilindro. Realice 5 medidas y, reporte un valor promedio y su error.
- E2c** Usando los datos obtenidos, determine la densidad de cada uno de los objetos (ρ_o).
- E2d** Mida el peso de cada objeto, que denotaremos P , sin que estos estén sumergidos bajo el agua. Compruebe que $P = M_o g$, donde M_o es la masa del objeto.
- E2e** Para cada objeto sumergido, mida el empuje E que experimentan. Verifique que se cumple el principio de Arquímedes, es decir $E = \rho_f V g$.

G. Informe

- En la sección "Descripción" indique el sistema bajo estudio y dibuje el diagrama de cuerpo libre de las medidas de peso, para ambos casos, el objeto sólo y sumergido bajo el agua.
- En la sección "Resultados" responda a lo pedido en E1a, E1b, etc...
- En la sección "Conclusiones" presente de manera concisa las conclusiones *objetivas* de la sesión en general, no debe resumir otra vez todos los resultados, si no aquellos más importantes.

H. Lecturas recomendadas

- Apunte de Massmann, capítulo de Fluidos (sólo lo referente a Hidroestática y Principio de Arquímedes, secciones 12.1, 12.2 y 12.3).
- Libro de Serway, capítulo de Mecánica de Fluidos (sólo lo referente a Hidroestática y Principio de Arquímedes, secciones 14.1, 14.2, 14.3 y 14.4).
- Página web *Física con el Ordenador* :
<http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/fluidos/estatica/arquimedes/arquimedes.htm>