Física 2
1. Mecánica de fluidos: Hidrostática

Problema de discusión: Globos de helio y globos de aire

Globos sueltos llenos de helio, flotando en un auto con las ventanas y las ventilas cerradas, se mueven en el sentido de la aceleración del auto, pero globos sueltos llenos de aire se mueven en el sentido opuesto. Para comprender por qué, considere solo las fuerzas horizontales que actúan sobre los globos.

Sea a la magnitud de la aceleración hacia adelante del auto. Considere un tubo horizontal de aire con área transversal A que se extiende del parabrisas, donde $x = 0$ y $p = p_0$, hacia atrás sobre el eje x. Ahora considere un elemento de volumen de espesor dx en este tubo. La presión en su superficie delantera es p, y en la trasera es $p + dp$. Suponga que el aire tiene una densidad constante ρ.

a) Aplique la segunda ley de Newton a este elemento para demostrar que:

$$dp = \rho a\, dx$$

b)Integre el resultado del inciso a) para obtener la presión en la superficie delantera en términos de a y x.

c) Para demostrar que es razonable considerar a ρ como constante, calcule la diferencia de presión en atmósferas para una distancia de hasta 2.5 m y una aceleración grande de 5.0 m/s^2.

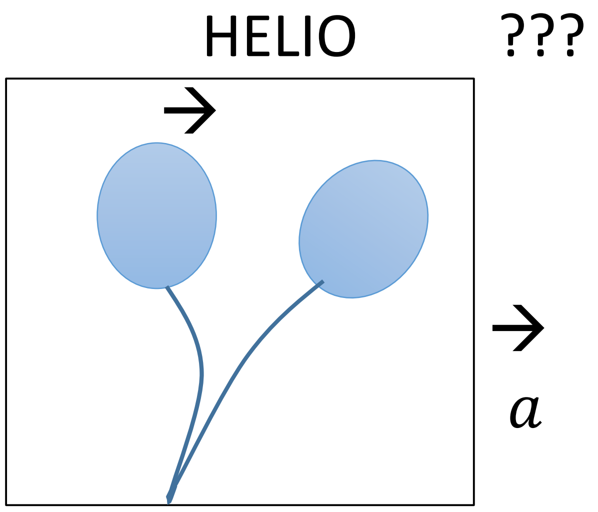
d) Demuestre que la fuerza horizontal neta que actúa sobre un globo de volumen V es $\rho V a$.

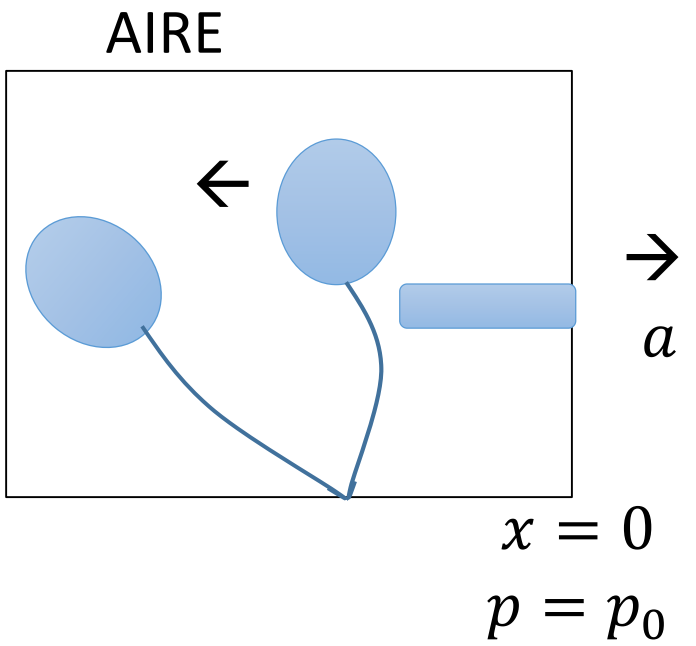
e) Si las fuerzas de fricción son insignificantes, demuestre que la aceleración del globo (densidad media ρ_{glo}) es $(\rho/\rho_{glo})\, a$ y que su aceleración con respecto al auto es a_{rel} = $[(\rho/\rho_{glo}) - 1]\, a$.

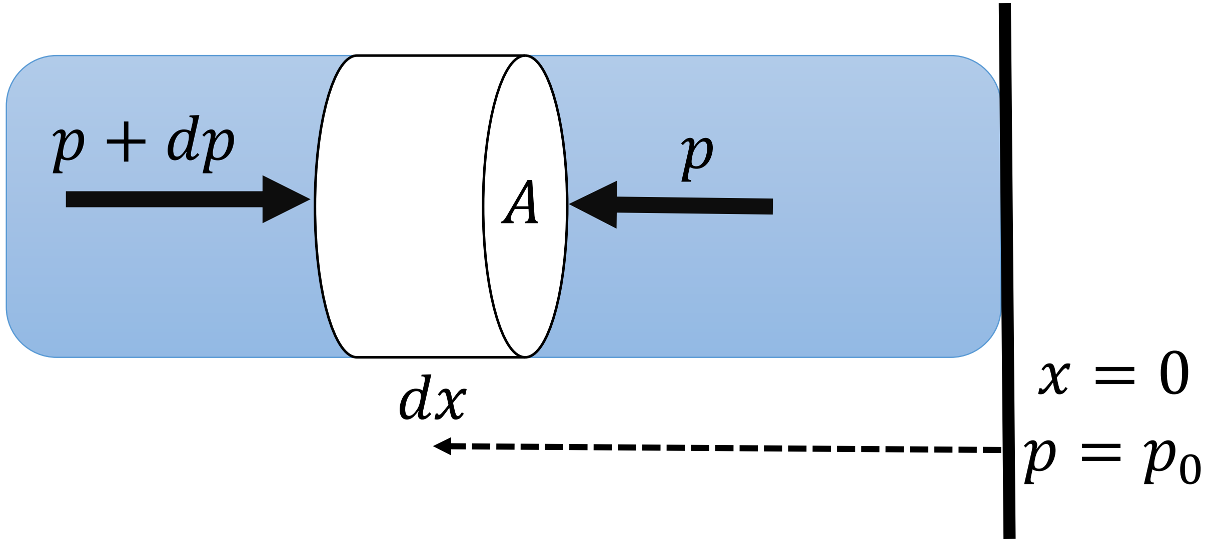
f) Use la expresión para a_{rel} del inciso e) para explicar el movimiento de los globos.

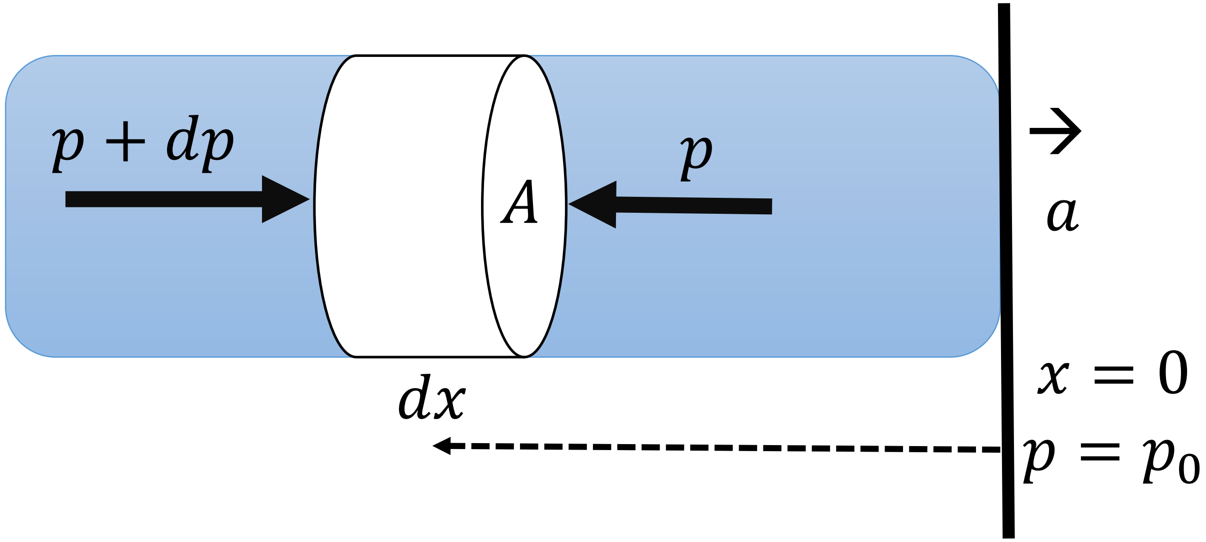
Globos sueltos llenos de helio, flotando en un auto con las ventanas y las ventilas cerradas, se mueven en el sentido de la aceleración del auto, pero globos sueltos llenos de aire se mueven en el sentido opuesto. Para comprender por qué, considere solo las fuerzas horizontales que actúan sobre los globos.

Sea a la magnitud de la aceleración hacia adelante del auto. Considere un tubo horizontal de aire con área transversal A que se extiende del parabrisas, donde $x = 0$ y $p = p_0$, hacia atrás sobre el eje x. Ahora considere un elemento de volumen de espesor dx en este tubo. La presión en su superficie delantera es p, y en la trasera es $p + dp$. Suponga que el aire tiene una densidad constante ρ.









a) Aplique la segunda ley de Newton a este elemento para demostrar que:

$$dp = \rho a\, dx$$

$$\sum F_x = m a_x$$

$$\sum F_x = (p + dp)A - pA = dm \cdot a$$

$$pA + Adp - pA = (\rho dV)a$$

$$\sum F_x = \cancel{A}dp = \rho(\cancel{A}dx)a$$

$$\boxed{dp = \rho a\, dx}$$

$$\int_{p_0}^{p} dp = \rho a \int_0^x dx$$

$$p - p_0 = \rho a x$$

$$\boxed{p = p_0 + \rho a x}$$

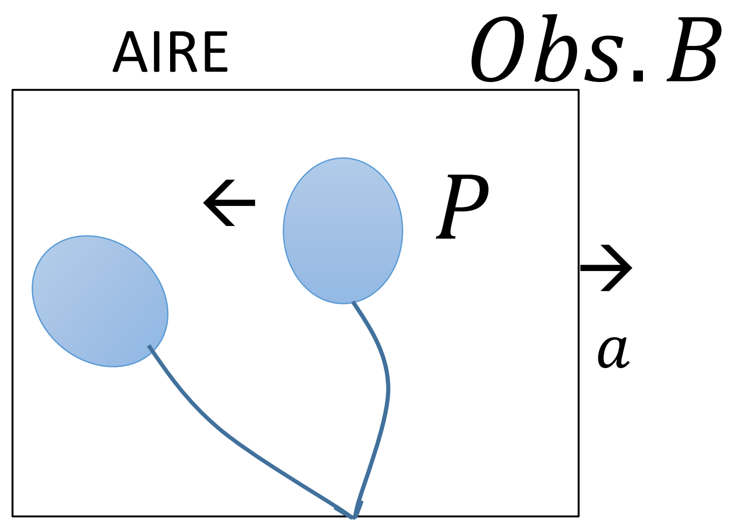
b) Integre el resultado del inciso a) para obtener la presión en la superficie delantera en términos de a y x.

c) Para demostrar que es razonable considerar a ρ como constante, calcule la diferencia de presión en atmósferas para una distancia de hasta 2.5 m y una aceleración grande de 5.0 m/s^2.

$$p - p_0 = \rho a x$$

$$p - p_0 = \left(1.2\,\frac{kg}{m^3}\right)\left(5.0\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}\right)(2.5\ \mathrm{m}) = 15\ \mathrm{Pa}$$

$$= 15 \times 10^{-5}\ \mathrm{atm}$$



d) Demuestre que la fuerza horizontal neta que actúa sobre un globo de volumen V es $\rho V a$.

$$\sum F_x = dm \cdot a$$

$$dm = \rho dV = \rho V$$

$$\sum F_x = \rho V a$$

e) Si las fuerzas de fricción son insignificantes, demuestre que la aceleración del globo (densidad media ρ_{glo}) es $(\rho/\rho_{glo})\, a$ y que su aceleración con respecto al auto es $a_{rel} = [(\rho/\rho_{glo}) - 1]\, a$.

$$a_{glo} = \frac{\sum F_x}{M} = \frac{\rho V a}{\rho_{glo} V}$$

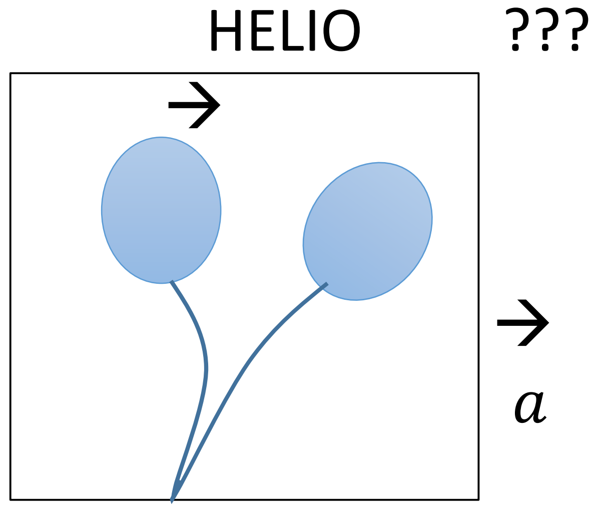
$$= \frac{\rho}{\rho_{glo}} a$$

$$a_{rel} = a_{P/A} - a_{B/A}$$

$$a_{rel} = \frac{\rho}{\rho_{glo}} a - a = \left(\frac{\rho}{\rho_{glo}} - 1\right) a$$

f) Use la expresión para a_{rel} para explicar el movimiento de los globos.

$$a_{rel} = \left(\frac{1.2}{0.167} - 1\right) a = 6.2a > 0$$



GRACIAS