Globos sueltos

Elías López Rivera [1]

[1] Instituto Politécnico Nacional
Escuela Superior de Física y Matemáticas.
{[1]elopezr2300}@alumno.ipn.mx.

1 de junio de 2024

1. Enunciado

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 sólo las fuerzas horizontales que actúan sobre los globos. Sea a la magnitud de la aceleración hacia delante 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. 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 considerar ρ como constante es razonable, 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 relativa 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.

2. Solución

a)Situandonos en un sistema de referencia fuera del auto:

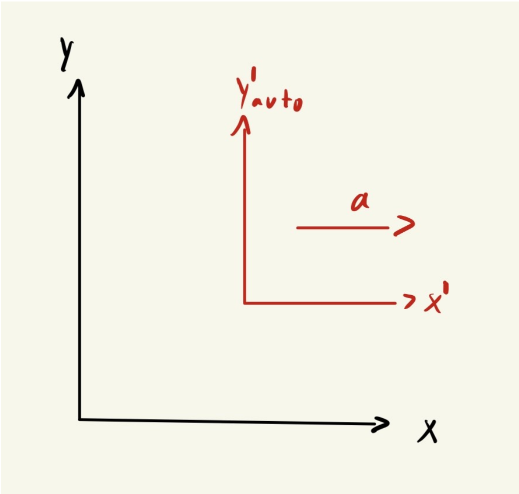

Figura 1: Sistema fuera del auto

Considerando un elemento de espesor dx del tubo referenciado en el problema:

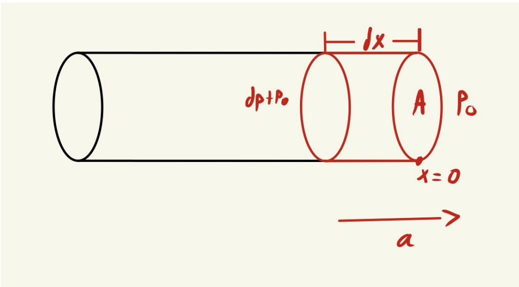

Figura 2: Sistema fuera del auto

Consideremos que el aire dentro del tubo se encuentra en equilibrio, aplicando la segunda ley de Newton:

$$dpA = dma$$

Como la densidad del gas es constante:

$$\rho = \frac{dm}{dv}$$

Sabemos que $dv = Adx$, se sigue que:

$$\rho A dx = dm \implies dpA = \rho A a dx \implies dp = \rho a dx$$

b) integrando:

$$\int_{p_0}^{p} dp = \rho a \int_{0}^{x} dx \implies p = p_0 + \rho a x$$

c) Sea:$\Delta\, P = \rho\, a\, x = 2(5)(1{,}2)\, atm = 15\, atm$

d) Aproximemos la forma del globo a un cilindro de area tranversal A y altura l tenemos que:

$$F = \Delta p A$$

Se sigue que:

$$F = \rho\, a\, x\, A = \rho\, a\, V$$

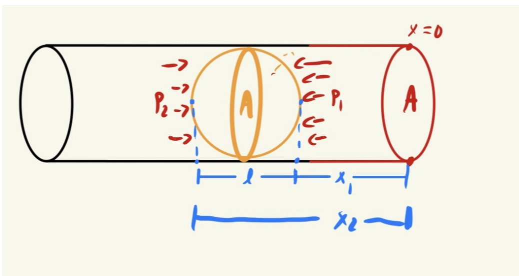

Figura 3: Sistema fuera del auto

E) Aplicando la segunda ley de Newton se tiene que:

$$V\,\rho_g\,a_g = \rho\,V\,a \implies a_g = \frac{\rho}{\rho_g}\,a$$

Situandonos en un sistema de referencia dentro del auto, la aceleración del goblo relativa al auto $a_{g/a}$:

$$a_{g/a} = a_g - a = \left(\frac{\rho}{\rho_g} - 1\right)\,a$$

F) Sí los globos estan llenos de aire, entonces $\rho < \rho_g \implies \rho/\rho_g < 1$, por tanto $a_{g/a} < 0$, los globos van en sentido opuesto de la aceleración del auto.

Sí los globos estan llenos de helio, entonces $\rho_g < \rho \implies \rho/\rho_g > 1$ por tanto $a_{g/a} > 0$, los globos van en sentido de la aceleración del auto.