Aplicaciones de las leyes de Newton

1 Félix Baumgartner en 2012 alcanzó los 1342.8 km/h de velocidad máxima en los primeros 42 s de su caída libre desde 39 km en el experimento Red Bull Stratos. ¿Cuál sería la constante de arrastre *C* que aparece en la fuerza aerodinámica de arrastre en régimen turbulento $(1/2)C\rho Av^2$? http://stratos.rdioexclusives.com/

Supongamos que Félix pesa 80 kg y que el área de su sección transversal en caída es de 1 m^2. Tomemos la densidad del aire como 1.2 kg/m^3 (despreciando la variación de la densidad del aire con la altitud) y que la aceleración de la gravedad es 9.81 m/s^2 (donde también se ha despreciado el efecto de la altitud). En condiciones de velocidad terminal:

$$mg = \frac{1}{2}C\rho A v_t^2 \Rightarrow C = \frac{2mg}{\rho A v_t^2} = \frac{2\times 80\times 9.81}{1.2\times 1\times (373)^2} = 0.0094$$

que no representaría prácticamente resistencia. Una esfera de tamaño igual a Félix cayendo a 10 m/s tiene *C*=0.2 y debería aumentar rápidamente con la velocidad. ¿Dónde está el error? Las tres hipótesis fuertes que se han hecho son el área de Félix, que puede cambiar según cómo cae, la dependencia de *g* y *ρ* con la altitud y la dependencia de *C* con la velocidad. Esto es un ejemplo que a veces una acumulación de aproximaciones produce resultados irrealistas y el problema requiere una resolución más precisa.

Félix no batió el record de tiempo en caída libre establecido en 1960. ¿Por qué si saltó desde mayor distancia que el anterior recordman?

2 Newton mostró que la resistencia del aire de un objeto de área circular que cae es $(1/2)\rho\pi r^2 v^2$ aproximadamente, donde ρ es la densidad del aire. (a) Determinar la velocidad límite de un paracaidista de 56 kg en caída libre (sin abrir el paracaídas) suponiendo que su área transversal es un disco circular de 0.30 m de radio y que la densidad del aire cerca de la superficie terrestre es 1.2 kg/m^3. (b) La densidad de la atmósfera disminuye con la altura: a 8 km de altura la densidad es de 0.514 kg/m^3 ¿Cuál sería la velocidad límite del paracaidista en caída libre a esta altura?

(a) $$mg = \frac{1}{2}\rho\pi r^2 v_t^2 \Rightarrow v_t = \sqrt{\frac{2mg}{\rho\pi r^2}} = \sqrt{\frac{2\times 80\times 9.81}{\pi\times 1.2\times 1\times (0.3)^2}} = 56.9\text{m/s} = 204.8\text{km/h}$$

(b) $$v_t = \sqrt{\frac{2\times 80\times 9.81}{\pi\times 0.514\times 1\times (0.3)^2}} = 86.9\text{m/s} = 311.8\text{km/h}$$

3 Afortunadamente, la formación de bolas de granizo del tamaño de una pelota de golf no es frecuente, aunque el tamaño medio de las partículas de granizo es mayor que el de las gotas de lluvia. Estimar la velocidad límite de una gota de lluvia y de una bola de granizo del tamaño de una pelota de golf.

Supongamos el radio de una gota de lluvia r_l = 0.5 mm y el del granizo r_g=2cm y que la densidad del agua líquida es $\rho_l=10^3$ kg/m^3 y la del hielo ρ_g=920 kg/m^3. Así la masa de la gota de lluvia será: $m_l=\rho_l(4\pi r_l^3)/3=5.24x10^{-7}$ kg y la de granizo $m_g=3.08x10^{-2}$ kg.

Si suponemos que la fuerza de arrastre es del tipo $-bv^2$ siendo $b=(1/2)\rho\pi r^2$ donde la densidad del aire es ρ=1.2 kg/m^3, la velocidad límite o terminal es $v_t=(mg/b)^{½}=2\ (2r\ \rho_l\ g/(3\rho))^{½}$.

- v_t(lluvia)=3.30 m/s
- v_t(granizo)=20 m/s

Por eso un fuerte aguacero puede causar importantes daños (masa por velocidad=cantidad de movimiento).