



11^{ra} Olimpiada Metropolitana de Física
Departamento de Física
Facultad de Ciencias Exactas y Naturales – UBA
5 de septiembre de 2017
Nivel único



11^{ra} Olimpíadas Metropolitanas de Física

Nivel único
Prueba de desarrollo

- Chequee que el nivel de su prueba sea adecuado.
- No se pueden usar libros ni apuntes.
- El problema de desarrollo representa un 40 % del puntaje total.
- Resuelva el ejercicio en hojas aparte con su nombre y entréguelas.





Saltando en paracaídas

Una volta che abbiate conosciuto il volo, camminerete sulla terra guardando il cielo, perché là siete stati e là desidererete tornare..

Una vez hayas conocido el vuelo siempre caminarás por la Tierra con la vista mirando al cielo, porque ya has estado allí y allí siempre desearás volver.

Leonardo da Vinci (1452-1519)

El salto en paracaídas es una actividad que requiere mucha experiencia y en la que se requiere mucha física para entender acabadamente qué sucede. La velocidad de la caída no puede pensarse como una caída libre, y el rozamiento con el aire no resulta proporcional a la velocidad (como es posible que varios de ustedes hayan escuchado). Esto se debe a que la alta velocidad a la que cae el paracaidista genera mucha turbulencia, complicando la descripción del movimiento.

Si bien en este problema no vamos a trabajar con la turbulencia (“el problema más importante aún no resuelto de la física clásica”) debido particularmente a la dificultad matemática que conllevaría, vamos a intentar entender qué sucede en el salto en paracaídas, utilizando un modelo muy bien aproximado de la fuerza de rozamiento presente.

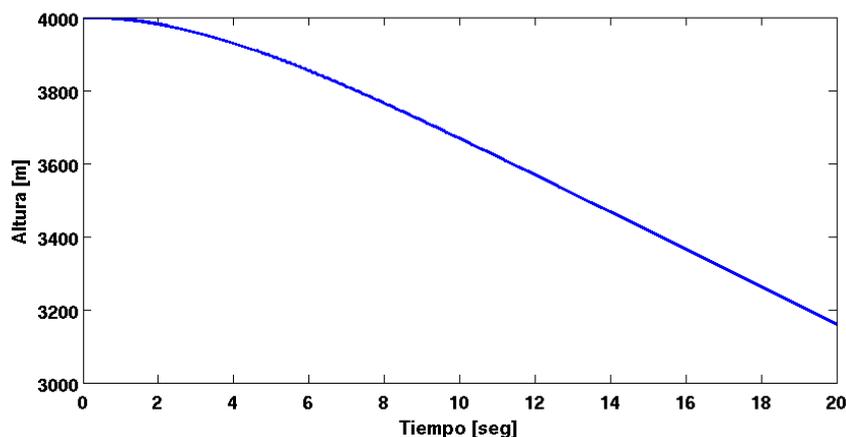


Figura 1: Altura del paracaidista en función del tiempo para los primeros segundos.

Pregunta 1

Estime durante cuánto tiempo cae el paracaidista antes de abrir el paracaídas en el video (link en versión digital). Si la altura de la cual se tira es de 4000m, ¿cuánto tardaría el paracaidista (si no abre el paracaídas) en tocar el suelo si suponemos que esto es una caída libre? ¿Es mayor o menor que el tiempo que estimó previamente?



Pregunta 2

El movimiento no puede considerarse caída libre, porque la fuerza de rozamiento con el aire juega un papel fundamental. Además, esta fuerza de rozamiento crece con la velocidad. Trabajando con las ecuaciones de fluidos y realizando experimentos, se puede encontrar que la fuerza de arrastre cumple la expresión $F_r \approx Dv^2$ y se opone a la dirección de movimiento. ¿Cómo será el movimiento una vez que la velocidad sea tal que el esta fuerza iguale al peso del paracaidista?

Pregunta 3

En la figura 1 se observan la altura del paracaidista en los primeros segundos desde el salto. ¿A partir de qué tiempo deja de acelerarse? ¿Cuál es la velocidad terminal (constante) a la que llega? Si el paracaidista pesa 80 kg, calcule la constante de arrastre D .

La función del paracaídas es aumentar la constante de arrastre D , de tal manera que la velocidad terminal que se alcanza luego de abrirlo sea segura para aterrizar sin daños (5 m/s ya es considerada segura). Si bien no lo vamos a estudiar en este problema, es interesante mencionar que los paracaídas modernos permiten cambiar su inclinación, de manera de llegar a aterrizar con una velocidad vertical mucho menor.

Pregunta 4

El paracaidista decide abrir el paracaídas a una altura de 600 m. La constante D_p con el paracaídas es 100 veces la constante D de la persona sin el paracaídas. Además el paracaídas tarda alrededor de 3 segundos en abrirse completamente, tiempo en el cual podemos considerar (como aproximación) que es como si el paracaídas estuviese cerrado. Por último, como la ecuación de Newton es muy complicada de resolver cuando se encuentra presente esta fuerza de rozamiento, vamos a considerar que una vez abierto completamente el paracaídas (es decir, a los 3 segundos) se llega a la velocidad terminal instantáneamente. Si bien esta última aproximación parece muy burdas, se puede ver (mediante simulaciones computacionales y/o experimentos) que son bastante certeras, dado que el tiempo que tarda en llegar a la nueva velocidad límite es muy pequeño. Entonces, ¿cuánto tiempo puede disfrutar el paracaidista de la vista una vez que abre el paracaídas?

Pregunta 5

Por si el paracaídas principal llegase a fallar, todos los paracaidistas tienen un paracaídas de emergencia. Éste está diseñado para abrirse en un tiempo menor (alrededor de 2 s). Suponiendo que alcanza la misma velocidad terminal que el otro paracaídas, calcule cuánto vale la fuerza media en los arneses del paracaídas en el tiempo que tarda en abrirse hasta que alcanza la nueva velocidad terminal. Es decir, calcule la fuerza media necesaria para generar el cambio de velocidades en esos 2 s.



Pregunta 6

En el video se observa que el paracaidista hace acrobacias en el aire. Esto no sorprende, ya que resulta bastante entretenido. Pero lo que sí puede llegar a sorprender es que al hacerlas, su posición cambia considerablemente: cae a una altura menor que el camarógrafo, y se acerca y aleja de él. ¿Por qué sucede esto? ¿En qué posición parece tener el cuerpo cuando se encuentra estable? ¿Por qué creen que es esa la posición elegida?

Pregunta 7

Continuando un poco con la pregunta anterior, ¿cómo le propondrían poner el cuerpo al paracaidista para moverse hacia adelante (en el video, para acercarse al camarógrafo)? ¿Y hacia atrás? ¿Por qué? Dibujen un diagrama para ayudar en la explicación.