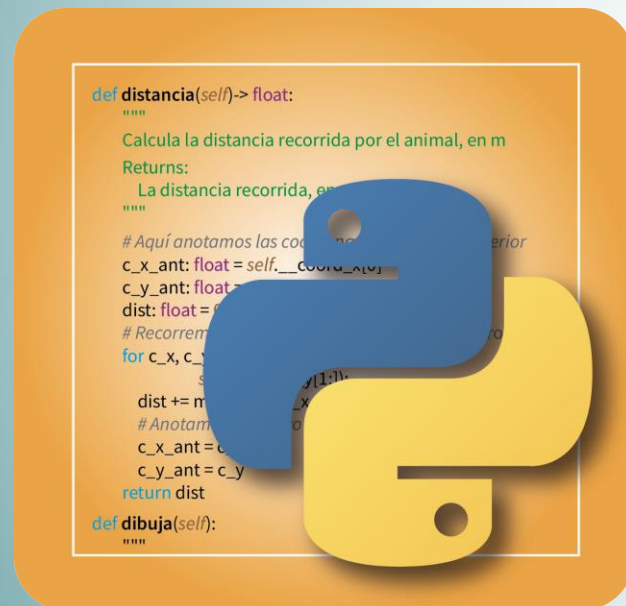


Programación

Práctica 6. Ascenso de un cohete



Michael González Harbour
José Javier Gutiérrez García
José Carlos Palencia Gutiérrez
José Ignacio Espeso Martínez
Adolfo Garandal Martín

Departamento de Ingeniería
Informática y Electrónica

Este material se publica con licencia:
[Creative Commons BY-NC-SA 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Práctica 6. Ascenso de un cohete

Objetivo: practicar con la instrucción condicional simple

Descripción: Completar el módulo `cohete.py` conteniendo una clase llamada `Cohete` para calcular el movimiento vertical de un cohete pequeño en la tierra

- se lanza desde el suelo con velocidad inicial $v_0=0$ y altura inicial $x_0=0$
- cuando la fuerza de empuje supera el peso del cohete (esto ocurre en $t=t_0$) se inicia el ascenso
 - inicialmente el cohete es demasiado pesado y el empuje no es suficiente para moverlo
 - según se va quemando combustible el peso disminuye, hasta que el empuje lo supera
- cuando el combustible se termina (en $t=t_{max}$) se continúa el ascenso y luego se realiza el descenso hasta el suelo en caída libre

Notación

Usaremos unidades del sistema internacional (m, kg, s)

- c : masa de combustible inicial
- m_0 : suma de la masa del cohete y el combustible inicial
- t_0 : tiempo hasta que el cohete comienza a ascender
- t_{max} : tiempo hasta que se agota el combustible
- D : masa de combustible quemado por segundo
- u : velocidad de salida de los gases respecto al cohete
- x : desplazamiento del cohete
- t : tiempo
- v : velocidad del cohete
- a : aceleración del cohete
- g : gravedad= 9.8 m/s^2
 - el cohete sube como máximo unos pocos kilómetros, por lo que la gravedad se supone constante

Ecuaciones del cohete

Tiempo hasta que se agota el combustible

$$t_{max} = \frac{c}{D} \quad (1)$$

Empuje mientras queda combustible ($t \leq t_{max}$)

$$empuje = uD \quad (2)$$

Masa del cohete mientras queda combustible ($t \leq t_{max}$)

$$m = m_0 - Dt \quad (3)$$

Tiempo que debe transcurrir hasta que el empuje iguale al peso

$$uD = (m_0 - Dt_0)g \Rightarrow t_0 = \frac{m_0 - uD/g}{D} \quad (4)$$

Ecuaciones del cohete (cont.)

Aceleración del cohete mientras queda combustible ($t_0 < t \leq t_{max}$)

$$a = \frac{uD}{m} - g = u \frac{D}{m_0 - Dt} - g \quad (5)$$

Velocidad del cohete

Mientras el empuje es insuficiente ($t \leq t_0$)

$$v(t) = 0 \quad (6)$$

Mientras queda combustible ($t_0 < t \leq t_{max}$)

$$v(t) = v_0 - g(t - t_0) + u \ln \frac{m_0 - Dt_0}{m_0 - Dt} \quad (7)$$

En t_{max} (al agotarse el combustible)

$$v_{max} = v(t_{max}) \quad (8)$$

Después de que se agote el combustible ($t > t_{max}$)

$$v(t) = v_{max} - g(t - t_{max}) \quad (9)$$

Altura del cohete

Mientras el empuje es insuficiente ($t \leq t_0$)

$$x(t) = 0 \quad (10)$$

Antes de agotarse el combustible ($t_0 < t \leq t_{max}$)

$$x(t) = x_0 + v_0 t - \frac{1}{2} g (t - t_0)^2 + u (t - t_0) \ln(m_0 - D t_0) + \quad (11)$$

$$\frac{u}{D} [(m_0 - D t) \ln(m_0 - D t) + D (t - t_0) - (m_0 - D t_0) \ln(m_0 - D t_0)]$$

Después de agotarse el combustible ($t > t_{max}$)

$$x(t) = x(t_{max}) + v_{max} (t - t_{max}) - \frac{1}{2} g (t - t_{max})^2 \quad (12)$$

Ecuaciones del cohete (cont.)

Tiempo hasta alcanzar la altura máxima

$$t_{altmax} = t_{max} + \frac{v_{max}}{g} \quad (13)$$

Altura máxima alcanzada

$$altmax = x(t_{altmax}) \quad (14)$$

Fuente: <http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/dinamica/cohete3/cohete3.html>

Diseño de la clase Cohete

Atributos

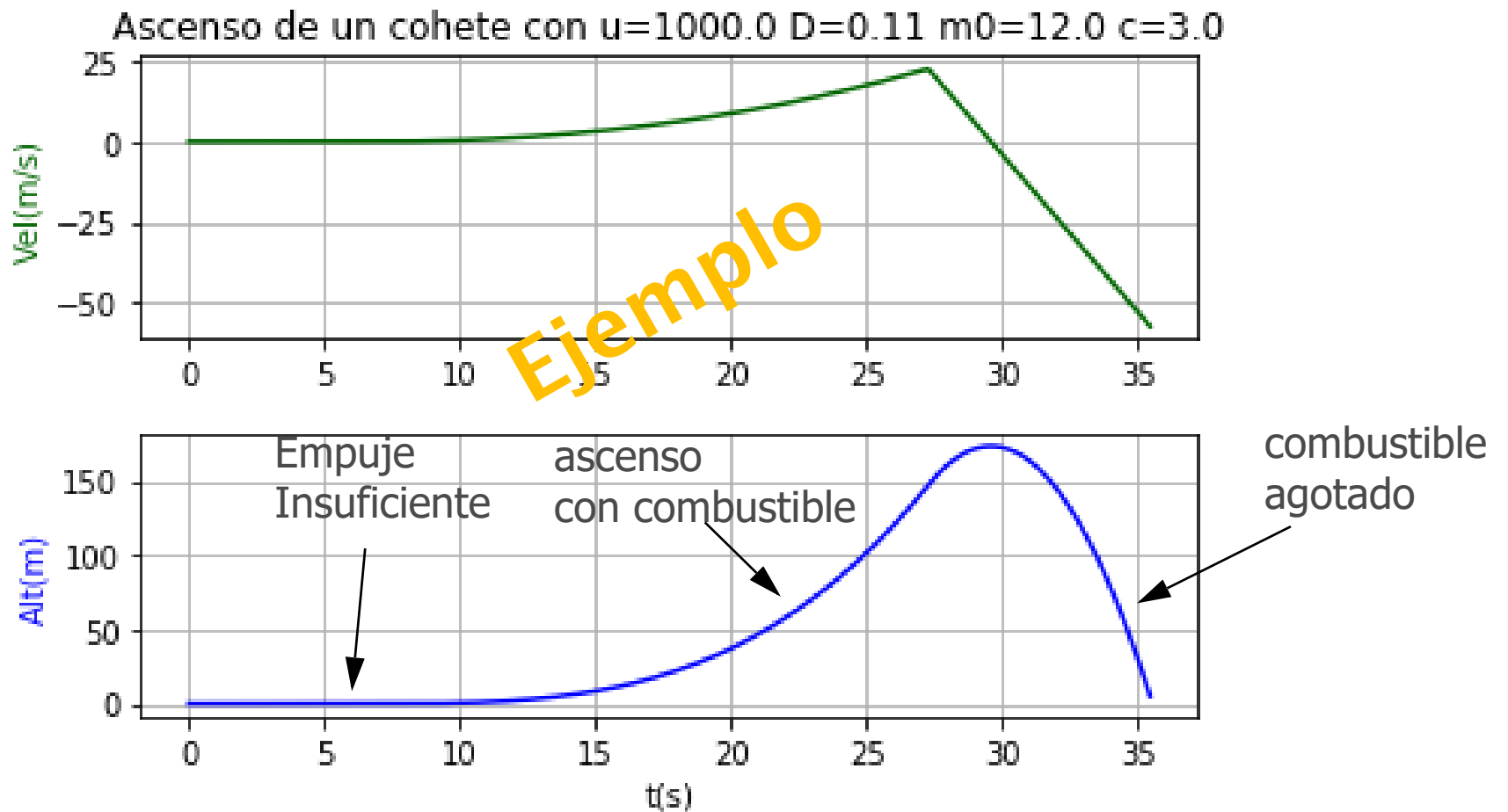
- constantes públicas: G
- variables privadas: u, D, m_0, c

Métodos

- constructor, al que se le pasan los valores iniciales de los atributos variables
- calcular t_0 con la ec. (4), aunque si fuese negativo se retornará 0.0
- calcular t_{max} con la ec. (1)
- calcular v_{max} con la ec. (8)
- calcular v , dado el tiempo (un argumento), con las ec. (6) (7) y (9)
- calcular x , dado el tiempo (un argumento), con las ec. (10) (11) y (12)
- calcular $altmax$, con las ec. (13) y (14)

Realización

- Escribir la clase `Cohete` a partir del esqueleto que se da
- Probar el funcionamiento con el simulador que se ofrece



Realización (cont.)

- Crear además otro módulo llamado `prueba_cohete.py` con una función `main` que sirva para probar los métodos de la clase `Cohete` y que haga:
 - crear un objeto de la clase `Cohete` con datos u , D , m_0 , c fijos:
 - $u=1000$ m/s
 - $D= 0.11$ kg/s
 - $m_0= 12$ kg
 - $c= 3$ kg
 - calcular t_0 , t_{max} , v_{max} y alt_{max}
 - calcular $v(t_0/2)$, $v(t_{max}/2)$ y $v(1.1*t_{max})$
 - calcular $x(t_0/2)$, $x(t_{max}/2)$, $x(t_{max})$ y $x(1.1*t_{max})$
 - mostrar en pantalla los 11 resultados
 - comprobar que los resultados son los indicados en el informe
- Modificar los datos del cohete usando los indicados en el informe y obtener los nuevos resultados para ese nuevo cohete

Parte avanzada

Modificar la clase `Cohete` para añadir:

- un método que retorne el combustible restante en función del tiempo que se pasa como parámetro

Modificar el módulo `simulador_cohete.py` para que el `main`:

- lea los atributos del cohete de teclado, usando un objeto de la clase `Lectura`
 - usar los siguientes valores por defecto en la lectura:
 - $u=1000$ m/s
 - $D= 0.11$ kg/s
 - $m_0= 12$ kg
 - $c= 3$ kg
- muestre además de las subgráficas de velocidad y altura, el combustible restante en un tercer subgráfico

Entregar 3 o 4 archivos:

Parte básica (3 archivos):

- Código fuente del módulo `cohete.py`
- Código fuente del módulo `prueba_cohete.py`
- Informe en formato `pdf` con:
 - Diagrama de la clase `Cohete`
 - Captura de pantalla del simulador
 - Resultados de la prueba

Parte avanzada (4 archivos). Además de lo anterior, pero incluyendo las modificaciones y resultados de la parte avanzada:

- Código fuente del módulo `simulador_cohete.py` modificado