Fausto Fabian Crespo Fernandez

Deber Seminario

Se tiene un satélite que esta inicialmente a una altura $h = 772km = 772 * 10^3 m$ sobre la superficie de la tierra y que tiene una velocidad tangencial inicial de $v = 6700m/s$. Aplicar el método de Runge –Kutta de orden 4 a la ecuación diferencial de su movimiento en coordenadas polares y hallar la posición del impacto en la tierra.

Respuesta : La velocidad del satélite no llega a la primera velocidad cósmica que es de sqrt(G*M/(R))=7909.541km/s y es la velocidad mínima que debe tener un cuerpo para tener una órbita circular alrededor de la tierra, o sea el tiempo que se demora en caer es mayor que el tiempo que se demora en dar una vuelta completa y por tanto el cuerpo “cae” a la tierra con un movimiento circular.
Por tanto efectivamente cae a la tierra. Se implementó el método de Runge-Kutta de orden 4 al sistema de ecuaciones diferenciales siguiente:

$$\begin{aligned} \dot{x} &= v_x \\ \dot{v}_x &= -GMx/r^3 \\ \dot{v}_y &= -GMy/r^3 \\ \dot{y} &= v_y \end{aligned} \qquad r = \sqrt{x^2 + y^2}$$

Donde el vector w se puede definir entonces como w=(x, y, v_x, v_y)^T y entonces w’=F(w,t) donde la función F es la f2 definida en R.
Se consideró que la posición inicial del satélite es x=0, y=R+h, vx0=-6700*10^3, vy0=0
Los resultados fueron:

```
results2
[1]     1031      1031 -5513487  3191055
```

Donde 1031 es la cantidad de pasos del método con h=1 segundo o sea el satélite se demora 1031 segundos en tener una distancia de la tierra de 6370 km que es el radio de la tierra.
La posición donde choca es x=-5513487 y y=3191055 o sea a un ángulo de Arctg(y/x)= -0.5246648

Código en R:

```
RungeKutta4v2=function(fun,w,t0,h, Rt, G, M, maxiter=1200){
  #w=c(x0,y0,vx0, vy0)
  tactual=t0
```

```
  yactual=w[2]
  xactual=w[1]
  vxactual=w[3]
  vyactual=w[4]
  print(sqrt(xactual^2+yactual^2))
  posRadiales=c()
  posRadiales=c(posRadiales,sqrt(xactual^2+yactual^2))
  posTiempos= c()
  posTiempos= c(posTiempos,t0)
  i=0
  while( (sqrt(xactual^2+yactual^2)> Rt) & (i < maxiter) ){
    tactual=tactual+h
    wactual=c(xactual,yactual, vxactual,vyactual)
    print(wactual)
    k1=fun(w=wactual,G=G, M=M)

    k2=fun(w=c(xactual+h*k1[1]/2,yactual+h*k1[2]/2,vxactual+h*k1[3]/2,
vyactual+h*k1[4]/2), G=G, M=M)

    k3=fun(w=c(xactual+h*k2[1]/2,yactual+h*k2[2]/2,vxactual+h*k2[3]/2,
vyactual+h*k2[4]/2), G=G, M=M)

    k4=fun(w=c(xactual+h*k3[1],yactual+h*k3[2],vxactual+h*k3[3], vyactual+h*k3[4]),
G=G, M=M)

    yactual=wactual[2]+(h/6)*(k1[2]+2*k2[2]+2*k3[2]+k4[2])
    xactual=wactual[1]+(h/6)*(k1[1]+2*k2[1]+2*k3[1]+k4[1])
    vxactual=wactual[3]+(h/6)*(k1[3]+2*k2[3]+2*k3[3]+k4[3])
    vyactual=wactual[4]+(h/6)*(k1[4]+2*k2[4]+2*k3[4]+k4[4])
```

```
    wactual=c(xactual,yactual, vxactual,vyactual)


    posRadiales=c(posRadiales,sqrt(xactual^2+yactual^2))
    #print("radio")
    #print(sqrt(wactual[1]^2+wactual[2]^2))
    posTiempos= c(posTiempos,tactual)
    i=i+1
  }
  return(c(i,tactual,xactual, yactual))
}
G=6.67384*10^(-11)
M=5.9722*10^24
R=6371*10^3
pivalue=3.141592653589793
vtangencial0=6700
h0=772*10^3
P=1/((R+h0)*vtangencial0)^2
K=G*M
A=(1/(R+h0))-K*P
theta=acos((1/R*abs(A))-(P*K/abs(A)))
# velocidad trayectoria circular a distancia R+h0 7469.728 m/s
sqrt(G*M/(R+h0))
# velocidad trayectoria circular a distancia R
sqrt(G*M/(R))



f1=function(w, P, K) {
  return(c(w[1],-w[2]+P*K))
```

```
}

f2=function(w, G, M){

   return(c(w[3], w[4], -G*M*w[1]/((w[1]^2+w[2]^2)^(3/2)), -
G*M*w[2]/((w[1]^2+w[2]^2)^(3/2))))

}

results2=RungeKutta4v2(fun=f2,w=c(0,R+h0, -vtangencial0,0),t0=0, h=1., Rt=R,
G=G, M=M)

results2
```