Simulación 3D de Tiro Parabólico y Colisión Entre Partícula y Semiesfera Inamovible

López P. Nicolas - Vitola G. Jesús D. - Mariana I. Velandia R. - Laura Riaño

Octubre 2025

1 Planteamiento del problema

Una partícula de posición inicial $\overrightarrow{r_0} = (x_0, y_0, z_0)$ es lanzada con una velocidad $\overrightarrow{v} = (v_{x0}, v_{y0}, v_{z0})$, la partícula colisiona elásticamente con una semiesfera inamovible ($m_p << m_c$) con centro en $\overrightarrow{r_c} = (x_c, y_c, z_c)$ y radio R.

2 Solución numérica

Se integra paso a paso la posición en cada coordenada:

$$\begin{cases} x_{n+1} &= x_n + v_{x0}\Delta t \\ y_{n+1} &= y_n + v_{y0}\Delta t \\ z_{n+1} &= z_n + v_{z0}\Delta t - \frac{1}{2}g\Delta t^2 \end{cases}$$

y se registran t, x, y, z, v_z hasta que $z \leq 0$

2.1 Colisión

Hay colisión cuando $\|\overrightarrow{r} - \overrightarrow{r_c}\| \leq R$, al darse el vector velocidad cambia de dirección según la ecuación:

$$\overrightarrow{v} = \overrightarrow{v_i} - 2(\overrightarrow{v_i} \cdot \hat{n})\hat{n}$$

Dónde $\overrightarrow{v_i}$ corresponde a la velocidad al momento de la colisión y $\hat{n}$ al vector normal a la superficie de la esfera en el punto de impacto que se calcula mediante:

$$\hat{n} = \frac{\overrightarrow{r_i} - \overrightarrow{r_c}}{\|\overrightarrow{r_i} - \overrightarrow{r_c}\|} = \frac{\overrightarrow{r_i} - \overrightarrow{r_c}}{R}$$

Con $\overrightarrow{r_i}$ como la posición de la partícula al momento del impacto.

Bajo ese sentido las componentes de velocidad al instante posterior del impacto son:

$$\begin{cases} v_x &= v_{xi} - 2\left(\overrightarrow{v_p} \cdot \hat{n}\right)\hat{n}_x \\ v_y &= v_{yi} - 2\left(\overrightarrow{v_p} \cdot \hat{n}\right)\hat{n}_y \\ v_z &= v_{zi} - 2\left(\overrightarrow{v_p} \cdot \hat{n}\right)\hat{n}_z \end{cases}$$

3 Resultados

Se muestran 3 gráficos correspondientes a la evolución de cada coordenada de la partícula a lo largo del trayecto $x(t), y(t), z(t)$, también se muestra en 3D la trayectoria total de la partícula.

4 Conclusión

El objeto disminuye su velocidad al instante posterior de la colisión, rebotando en la dirección normal a la superficie de la esfera en punto de impacto, describiendo otro movimiento parabólico.