Simulación de una Partícula en un Triángulo de Reuleaux

Nicolas Lopéz, Jesús Vitola,Laura Riaño,Mariana Velandia

4 de noviembre de 2025

Índice

1. Resumen

Este documento presenta la teoría geométrica del triángulo de Reuleaux, las condiciones de colisión para una partícula dentro de él y las fórmulas empleadas en el código de simulación. Además, se describe cómo se implementan las gráficas y la animación mediante los archivos del proyecto.

2. Definición geométrica

Un **triángulo de Reuleaux** de anchura L se construye a partir de un triángulo equilátero de lado L. Se trazan tres círculos de radio L con centros en los vértices del triángulo; la intersección común de estos tres discos define la figura.

$$C_1 = (0,0), \quad C_2 = (L,0), \quad C_3 = \left(\frac{L}{2}, \frac{\sqrt{3}}{2}L\right)$$

Cada borde del Reuleaux es un arco de circunferencia centrado en un vértice con radio L.

Propiedades

- Es una figura de *anchura constante* L.
- Está delimitada por tres arcos de radio L.
- Su área es menor que la del círculo de radio L, pero mayor que la del triángulo equilátero base.

3. Movimiento y colisiones

Consideremos una partícula de masa unitaria con posición (x, y) y velocidad $\mathbf{v} = (v_x, v_y)$. En cada paso temporal Δt se actualiza:

$$x_{n+1} = x_n + v_x \, \Delta t, \qquad y_{n+1} = y_n + v_y \, \Delta t.$$

3.1. Condición de pertenencia

La partícula se encuentra dentro del triángulo de Reuleaux si está contenida en los tres discos de radio L:

$$d_i = (x - c_{ix})^2 + (y - c_{iy})^2, \qquad i = 1, 2, 3.$$

Si para algún i se cumple $d_i > L^2$, la partícula ha cruzado la frontera.

3.2. Normal de colisión y reflexión

Cuando la partícula choca con el arco del círculo i, la normal unitaria es:

$$\mathbf{n} = \frac{\mathbf{r}}{\|\mathbf{r}\|} = \frac{(x - c_{ix},\, y - c_{iy})}{\sqrt{d_i}}.$$

La velocidad reflejada se calcula como:

$$\mathbf{v}' = \mathbf{v} - 2(\mathbf{v} \cdot \mathbf{n})\mathbf{n}.$$

Para evitar errores de penetración numérica se aplica un pequeño desplazamiento hacia el interior:

$$(x, y) \leftarrow (x, y) - \varepsilon\mathbf{n}, \quad \varepsilon \approx 10^{-3}.$$

4. Relación con el código

El proyecto se organiza en varios archivos:

- `main.cpp`: entrada principal, ejecución de las funciones.
- `simulacion.cpp`: cálculo de posiciones y colisiones.
- `graficar.cpp`: generación de la gráfica de trayectoria.
- `animacion.cpp`: creación del GIF animado.
- `funciones.h`: prototipos y utilidades generales.

Fragmento clave del rebote

```
// C lculo de la normal
double nx = (x - cix) / sqrt(di);
double ny = (y - ciy) / sqrt(di);

// Producto escalar
double dot = vx*nx + vy*ny;

// Reflexi n especular
vx -= 2*dot*nx;
vy -= 2*dot*ny;

// Correcci n de penetraci n
x -= nx*eps;
y -= ny*eps;
```

5. Ejecución

Compilar y ejecutar con:

```
make
./bin/sim
```

Ejemplo de parámetros:

```
L = 1
x0 = 0.5, y0 = 0.4
vx0 = 0.15, vy0 = 0.1
t0 = 0, tf = 10, dt = 0.01
```

6. Conclusión

El triángulo de Reuleaux es una figura no circular de anchura constante con interesantes propiedades geométricas y cinemáticas. Simular una partícula dentro de él permite estudiar colisiones sobre superficies curvas con reflexión especular y condiciones geométricas precisas.