Práctica 3: Generadores de fuerza

En las prácticas anteriores teníamos la gravedad añadida al comportamiento de la partícula modelada como una aceleración. En esta práctica, programaremos un sistema que nos permita considerar las distintas fuerzas producidas en un sistema de partículas. En esta práctica, crearemos la clase abstracta para generar fuerzas (ForceGenerator) e implementaremos algunos generadores de fuerzas básicos.

Actividad 1: Generador de fuerzas gravitatorio

Para montar el sistema de fuerzas más sencillo empezaremos por convertir la gravedad en un generador de fuerzas. Esto lo hacemos a modo de ejercicio didáctico, puesto que es más eficiente considerar la aceleración independientemente, como hasta ahora.

Recordad que la aceleración que genera la Tierra a un objeto en su superficie es igual sin importar su masa. Por tanto, *ejercerá fuerzas distintas a cada objeto según su masa.*

Extender el sistema de partículas que hicisteis en la práctica anterior para que las partículas se vean afectadas por un conjunto de generadores de fuerzas.

1. Implementar el generador de fuerzas gravitatorio e instanciarlo dos veces para poder tener objetos que, en la práctica, se vean afectados por la gravedad de forma distinta (ya sea para modelar la flotabilidad o la disminución de velocidad de un proyectil, como vimos en la práctica 1).
2. Comparar los resultados con partículas donde se modele la gravedad directamente con una aceleración constante, como lo hecho hasta ahora.
3. Probar con partículas de diferente masa.

Actividad 2. Modelando el viento.

En esta práctica vamos a implementar un generador de fuerzas algo más complejo: el generador de viento.

Podemos modelar el viento como la fuerza de resistencia que realiza la masa de aire que se opone al movimiento relativo de una partícula con respecto al medio.

En ese caso, la fuerza ejercida por el viento dependerá de la diferencia de velocidades del viento con respecto a la velocidad de la partícula en el punto. Una aproximación podría ser hacerlo proporcional a dicha diferencia:

$$\overrightarrow{F_v} = k_1(\vec{v}_v - \vec{v}) + k_2\|\vec{v}_v - \vec{v}\|(\vec{v}_v - \vec{v})$$

, donde $\overrightarrow{F_v}$ es la fuerza del viento, $\vec{v}_v$ la velocidad del viento, $\vec{v}$ es la velocidad de la partícula y μ es el coeficiente rozamiento con el aire (que a efectos prácticos dependerá del objeto particularmente de su forma). Nosotros, por el momento, haremos $k_2 = 0$. Aunque, a altas velocidades este flujo se vuelve turbulento, dependiendo del cuadrado de la velocidad y por tanto teniendo un k_2 no nulo. Se recomienda al alumno probar las distintas opciones e ir comparando resultados y los efectos logrados.

Tarea

Implementar un generador de fuerzas de viento que en un volumen determinado aplique fuerzas a la partícula según la diferencia de velocidad del objeto con respecto al aire. En la clase almacenaremos un vector que representa la velocidad del viento en el área de influencia. Aplicar a partículas de diferentes masas.

Tarea opcional

Realmente las constantes k1 y k2 dependen no sólo de las características del medio sino del tamaño y de la forma del objeto e incluso del ángulo de incidencia del viento.

$$F = A_{eff} C_D \rho v^2 = k_2 v^2$$

donde A_{eff} es el área que muestra el objeto perpendicular a la dirección del viento, C_D es el coeficiente aerodinámico (drag coefficient) que depende de la forma del objeto (para una esfera vale 0,5) y ρ es la densidad del aire.

Como ejercicio, hacer un generador de viento que tenga en cuenta el tamaño y la forma del objeto que está sometido al mismo.

Actividad 3. Torbellinos

Para modelar el viento, hemos supuesto que dicho viento es *uniforme* en la zona de interés. No obstante, podríamos modelar vientos más complejos cuyo valor dependa de la posición donde se encuentre el objeto. De esta forma, podríamos modelar remolinos, etc.

Por tanto, nosotros consideraremos un *campo vectorial* de vientos, un modelo sencillo para modelar un torbellino en dos dimensiones podría ser que la velocidad del viento sea proporcional a la distancia de la partícula al centro del torbellino, en dirección tangencial (véase la Figura 1):

$$\vec{v}_{torbellino}(x, y) = K \begin{bmatrix} -(z - z_c) \\ 50 - (y - y_c) \\ x - x_c \end{bmatrix}$$

Donde (x_c, y_c) es la posición del centro del torbellino y K es una constante proporcional a la fuerza del torbellino. La figura 1 representaría un leve huracán centrado en el origen. Como se ve, la fuerza en el ojo del huracán es casi nula, y su fuerza crece al alejarse del mismo. El efecto del huracán desaparece si el objeto sale de su radio de acción.

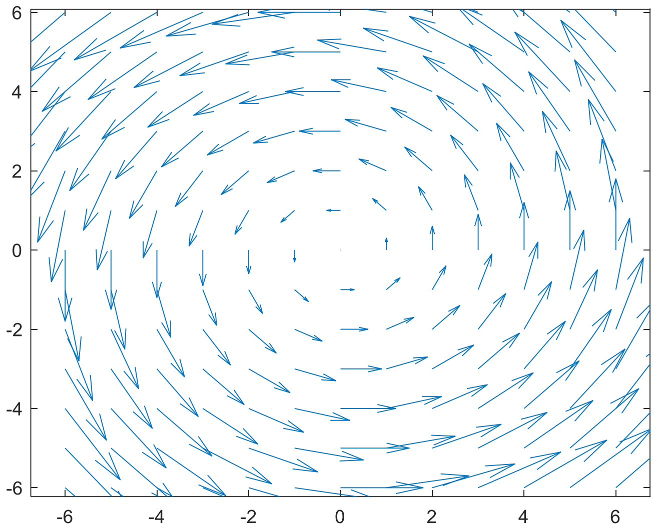

Figura 1: Campo de velocidades de un torbellino centrado en (0,0)

Tarea

Crear un generador de torbellino.

PISTA: se puede crear un generador de Torbellino que herede del generador de viento anterior, simplemente ha de cambiar la forma en que se calcula la velocidad efectiva del viento. En este caso depende de la posición de la partícula.

Actividad 4. Explosiones

Hasta el momento, hemos supuesto que los campos de fuerzas son **estáticos.** Pero los campos de fuerzas *pueden también variar con el tiempo*, haciéndose **dinámicos**. Esto ocurre, por ejemplo, cuando se produce una explosión. Para nosotros, la explosión generará directamente una fuerza a todas las partículas en su vecindad, en dirección radial hacia fuera de la explosión. Al principio, la fuerza ejercida en dicho frente será muy elevada, pero afectará a un pequeño radio. La fuerza del frente de la explosión se verá reducida conforme se expanda la explosión.

Vamos a modelar inicialmente la explosión sin considerar el avance de la onda de choque, es decir, la explosión afectará a todos los objetos dentro del radio de la explosión.

Podemos aproximar dicha explosión con la siguiente fórmula:

$$\vec{F_e}(x,y,t) = \begin{cases} \dfrac{K}{r^2}\begin{bmatrix} x - x_c \\ y - y_c \\ z - z_c \end{bmatrix} e^{-\frac{t}{\tau}} \, si\, r \; < R \\ \vec{0} \qquad\qquad\qquad\qquad\qquad e.o.c \end{cases}$$

, donde R es el radio de la explosión $\left(x_c, y_c, z_c\right)^T$ es el centro de la explosión. *K* es la intensidad de la explosión. τ es la constante de tiempo de la explosión, a partir de 4 τ la explosión prácticamente se ha desvanecido. Por último, $r = \sqrt{(x - x_c)^2 + (y - y_c)^2 + (z - z_c)^2}$ es la distancia a la explosión.

Tarea

Para probar el generador, se puede distribuir una serie de partículas de distintas masas por la escena y provocar una explosión con la pulsación de una tecla.

Tarea opcional

El radio de la explosión realmente aumenta conforme va pasando el tiempo (onda expansiva). Como tarea se propone que se modele este efecto. Para ello tendremos que definir ve, como la velocidad de expansión (se puede considerar la velocidad del sonido en el aire) y considerar que el radio de la explosión no es un valor constante, sino que va aumentando con el tiempo por efecto de la propagación de la onda de choque:

$$R = v_e t$$