Информация о программировании движения шаров.

1

Нетривиальным моментом является расчет упругого столкновения шаров. Предполагается что шары имеют одинаковый радиус R и одинаковую массу. Столкновение происходит в том случае, если расстояние между центрами шаров $d_3 = (d_1^2 + d_2^2)^{1/2}$ меньше, чем $D = 2R$. Здесь $d_1 = x_1 - x_2$, $d_2 = y_1 - y_2$ в то время как x_1, y_1 и x_2, y_2 – координаты центров шаров. Пусть до столкновения компоненты скоростей шаров равны X_1, Y_1 и X_2, Y_2 . Необходимо вычислить новые компоненты скоростей.

Алгоритм расчета следующий. Известно, что при скользящем столкновении шаров, когда направления их скоростей перпендикулярны вектору $\mathbf{d} = (d_1, d_2)$ шары не влияют друг на друга и скорости не меняются. С другой стороны, при лобовом столкновении шаров, когда вектор $\mathbf{d}$ параллелен направлению скоростей обеих шаров, их скорости обмениваются местами. В частности, шар, стукающий о покоящийся шар сам останавливается, в то время как покоящийся шар забирает его скорость. Это решение следует из законов сохранения энергии и импульса. Есть и другое решение, когда все остается на своих местах, но это решение не удовлетворяет условию твердости шаров. Один шар не может пройти через другой.

Итак задача сводится к тому, чтобы разложить векторы скоростей обоих шаров вдоль и перпендикулярно вектору $\mathbf{d}$. При этом компоненты вдоль вектора $\mathbf{d}$ обмениваются местами, а компоненты перпендикулярно вектору $\mathbf{d}$ не меняются. Сначала надо сделать вектор $\mathbf{d}$ единичным разделив его на его модуль $d_1 = d_1/d_3$, $d_2 = d_2/d_3$. Затем надо вычислить скалярные произведения скоростей с этим вектором, то есть $A_1 = X_1 d_1 + Y_1 d_2$, $A_2 = X_2 d_1 + Y_2 d_2$. А затем поменять местами продольные компоненты. В результате получаются формулы

$X_1 = X_1 + d_1 A_{21}$, $Y_1 = Y_1 + d_2 A_{21}$, $X_2 = X_2 - d_1 A_{21}$, $Y_2 = Y_2 - d_2 A_{21}$, $A_{21} = A_2 - A_1$

Этот алгоритм достаточно быстро работает и выглядит правдоподобно.

2

Вторая проблема возникает, если контур области, в которой двигаются шары, представляет собой замкнутую ломаную линию, состоящую из прямолинейных отрезков конечной длины. Рассмотрим один шар. Его координаты равны x и y а компоненты скорости X и Y. Ломаная линия состоит из прямолинейных отрезков. Рассморим один из них. Пусть его начало находится в точке с координатами u и v, длина и направление описывается координатами U и V, то есть это разности между конечной точкой и начальной точкой. Будем обходить контур таким образом, чтобы область оставалась справа. Определим длину отрезка $w = (U^2 + V^2)^{1/2}$ и рассмотрим компоненты единичного вектора вдоль отрезка $w_1 = U/w$ и $w_2 = V/w$. Тогда произвольная точка на отрезке на расстоянии s от начала имеет координаты $u + w_1 s$ и $v + w_2 s$. Теперь нам нужно провести линию, перпендикулярную отрезку с направлением из области вне ее. Такой единичный вектор нормали имеет координаты $(-w_2, w_1)$. Соответсвенно произвольная точка вдоль нормали от центра шара имеет координаты $x - w_2 r$ и $y + w_1 r$, где r - расстояние от этой точки до центра шара. Для нахождения точки пересечения отрезца границы области и нормали к ней из позиции шара нужно решить систему уравнений для нахождения s и r , которая получается приравниванием координат точки на отрезке и на нормали. Решение имеет вид $r = aw_2 - bw_1$ и $s = aw_1 + bw_2$, где $a = x - u$, $b = y - v$. Условие столкновения шара с границей формируется как $0 < s < w$ и $-2R < r < R$. При этом условие $-2R < r$ не требуется для одной границы, но если форма контура такова, что он имеет параллельные участки, то это условие позволяет выделить лишь тот участок, который ближе всего к шару. С другой стороны это условие накладывает ограничение на скорость шаров. Если скорость достаточно велика, то шар может за один шаг проскочить указанную область около границы и тогда он исчезает из игры так как его координаты выходять за пределы области и больше не возвращаются.