

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого
Институт прикладной математики и механики
Кафедра теоретической механики

КУРСОВАЯ РАБОТА

По динамике частиц

Выполнил студент гр.53604/1 Лапин Р.Л.

Руководитель: Ле-Захаров А.А.

Санкт-Петербург

2015

Постановка задачи

Необходимо провести моделирование методом динамики частиц для задачи пробития мишени пулей.

Математическая модель

Частицы в методе динамики частиц представляют собой твердые тела. Взаимодействие между ними в данной работе задается потенциалом Леннарда-Джонса.

$$U(\vec{r}) = D \left(\left(\frac{a}{r} \right)^{12} - 2 \left(\frac{a}{r} \right)^6 \right), \text{ где } D - \text{ энергия связи, } a - \text{ равновесное расстояние}$$

Сила взаимодействия рассчитывается по формуле:

$$\vec{F}(r) = -\nabla U(\vec{r}) = \frac{12D}{a^2} \left(\left(\frac{a}{r} \right)^{14} - \left(\frac{a}{r} \right)^8 \right) \vec{r}$$

Реализация задачи

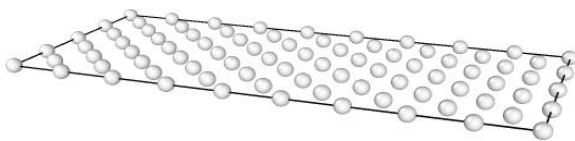
Для моделирования поставленной задачи будет использоваться метод динамики частиц. Мишень будет представлять из себя небольшой слой из частиц. Строение соответствует гранецентрированной решетке (ГЦР). Чтобы не усложнять вычисления, количество частиц в слое будет $10 \times 10 \times 3$. То есть это будет один слой ячеек ГЦР

Пуля моделируется в двух вариантах: пуля – одна частица, пуля – одна ячейка ГЦР

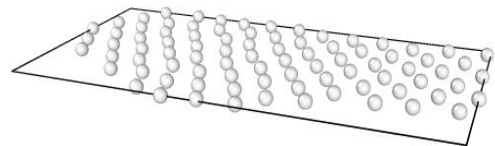
Шаг интегрирования $dt = 0.01$. Полное время интегрирования $T = 20$.

Результаты моделирования

- а) Моделирование плоскости частиц. В результате получено, что плоскость частиц взаимодействующие по Леннард-Джонсу стабильна. Первоначальная конфигурация (геометрия) не сохраняется.

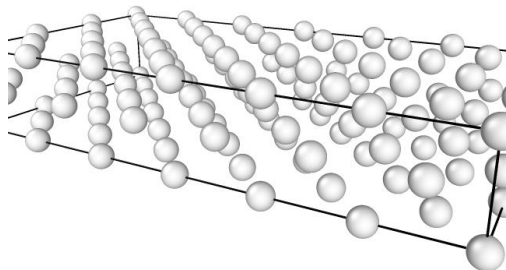


Начальная конфигурация

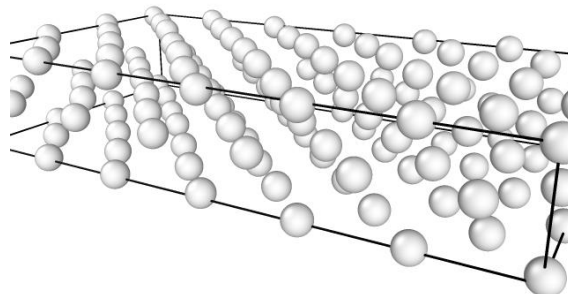


Конечная конфигурация

- б) Моделирование слоя частиц, слой состоит из одной ячейки ГЦР в высоту. Результат: более стабильная конфигурация по сравнению с плоскостью.

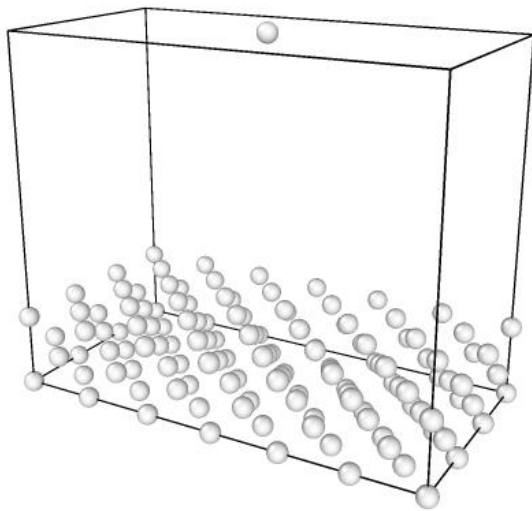


Начальная конфигурация

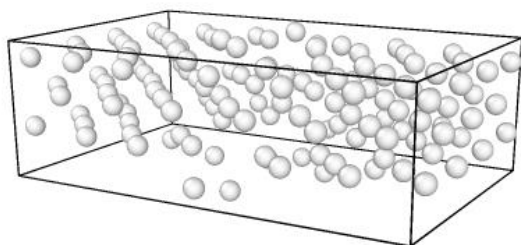


Конечная конфигурация

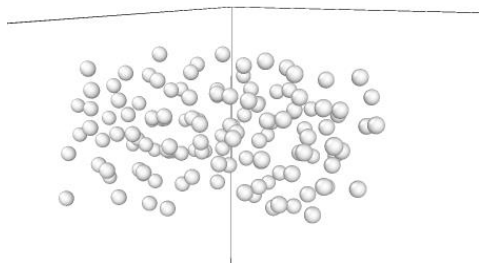
- с) Пробитие мишени пулей. Пуля – одна частица. Моделирование при различных начальных скоростях пули показало, что для достижения и пробития пулей мишени, она должна обладать достаточной скоростью. Иначе она может просто «присоединиться к плоскости» не разрушая ее. Результаты моделирования при скоростях достаточных для пробития и разрушения плоскости показали, что сильно деформируется структура всей мишени, в области попадания происходят сильные перемещения частиц и даже их уход из системы. Однако в полного разрушения мишени не происходит, но она сильно меняет свою структуру. Это связано в первую очередь с соизмеримыми размерами мишени и пули. При размерах мишени значительно больших пули, мишень будет разрушаться лишь в области попадания. В остальных частях она сохранит свою структуру.



Начальная конфигурация

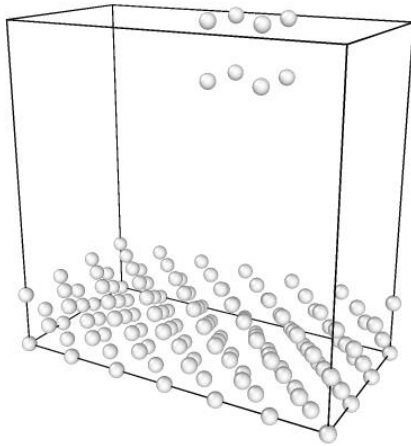


Момент «влета» пули

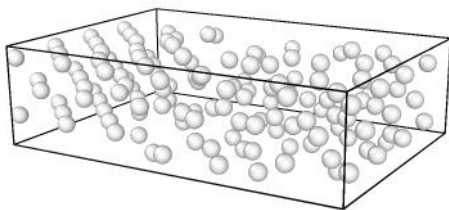


Конечная конфигурация

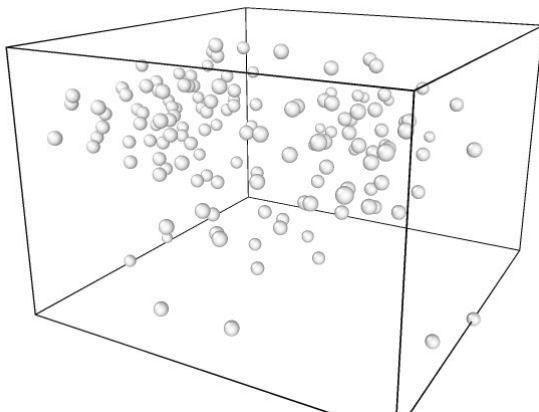
d) Пробитие мишени пулей. Пуля – ячейка ГЦР. Результаты аналогичны предыдущему пункту. С той лишь разницей, что перемещения, деформации и разрушения в мишени более заметны. Как такой мишени не остается. А остается лишь небольшое облако частиц. Остальные частицы разлетаются.



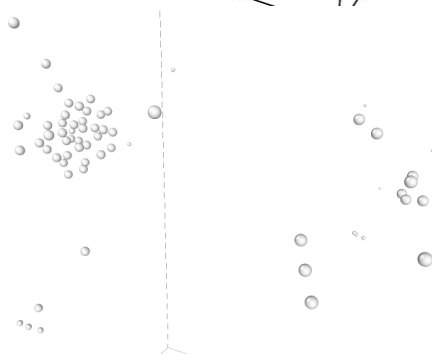
Начальная конфигурация



Момент «влета» пули



Начало разлета частиц



Конечная конфигурация

Выводы

В результате курсовой работы создана программа моделирования взаимодействия частиц на основе потенциала Леннарада-Джонса. Проведены различные моделирования задачи о пробития пулей мишени. Так же реализована запись в файл формата «XYZ» для удобной визуализации в открытом программном обеспечении «Ovito».