

REPORT – HW1

Introduction:

這次作業是對 Particle System 實作。具體是針對 Jelly 上的每個粒子計算 Position、Velocity、Force 等，來做出 Jelly 的動畫。

主要實作內容是：

- 構造 Spring 的連接
- 計算內力
- 處理平面和 Jelly/碗和 Jelly 之間的碰撞
- 更新粒子的位置和速度來執照動畫

Fundamentals:

- Spring 有 3 種：Struct、Shear、Bending

Struct 和 Bending 有 3 directions：x-direction，y-direction，z-direction

Shear 有 10 directions：back down right - back up left，back down left - back up right，back down right - front down left，back down left - front down right，back down right - front up right，front down right - back up right，back down right - front up left，front down right - back up left，front down left - back up right，back down left - front up right

- 內力有彈簧力、阻尼力
- 處理平面和 Jelly/碗和 Jelly 之間的碰撞：

$$\mathbf{v} = \mathbf{v}_N + \mathbf{v}_T, \quad \mathbf{v}' = -k_r \mathbf{v}_N + \mathbf{v}_T$$

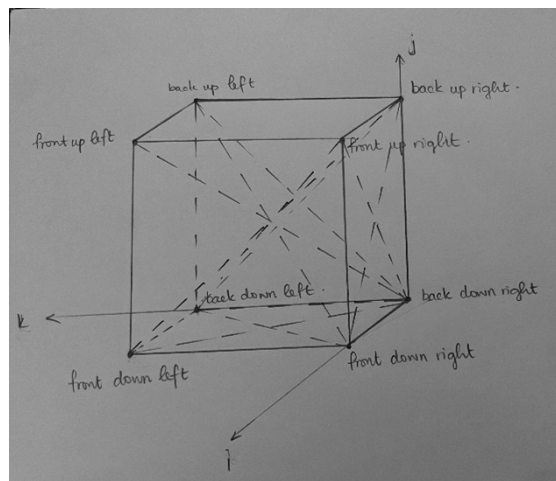
$$\mathbf{f}^f = -k_f(-\mathbf{N} \cdot \mathbf{f}) \mathbf{v}_t, \quad \mathbf{f}^c = -(\mathbf{N} \cdot \mathbf{f}) \mathbf{N}, \quad \mathbf{N} \cdot \mathbf{f} < 0$$

- 更新粒子的位置和速度分成 4 種方法：Explicit Euler，Implicit Euler，Midpoint Euler，Runge-Kutta Fourth

Implementation:

構造 Spring 的連接：使用 3 個 For-loop 找到所在的 Particle 和另一個 Particle 要一起連結的。

計算內力：找每個 Spring 的 start-particle 和 end-particle，取得 position 和 velocity 去計算 spring force 跟 damper force。在 start-



particle 加 spring force 跟 damper force 的正方向力，在 end-particle 加 spring force 跟 damper force 的反方向力。

平面和 Jelly/碗和 Jelly 之間的碰撞：對每個 particle 檢查碰撞條件，使用公式去計算新 velocity，找出 Contact Force，Friction Force。碗和 Jelly 需要注意 particle 所在的高度。

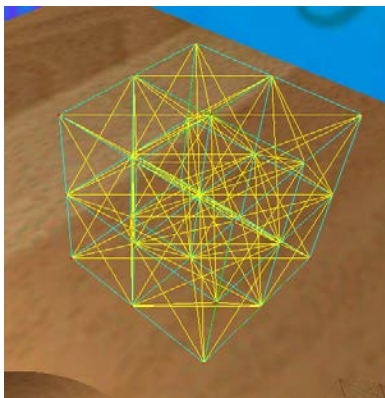
Explicit Euler：依照時間去更新每個 particle 的 position 和 velocity，把 force 設為 0。

Implicit Euler：備份初始 Jelly，清掉 Force，去計算 Jelly Force，最後用 explicit euler 去找下一個值。

Midpoint Euler：初始用 0.5delta time 去計算 Position 和 Velocity，跟 Implicit Euler 相似。

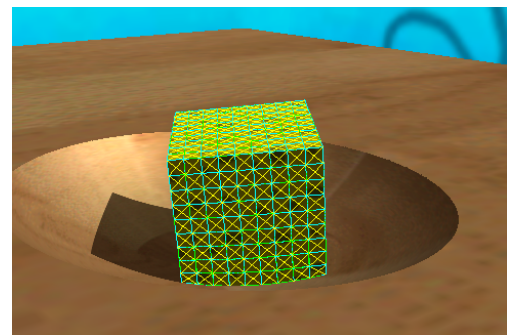
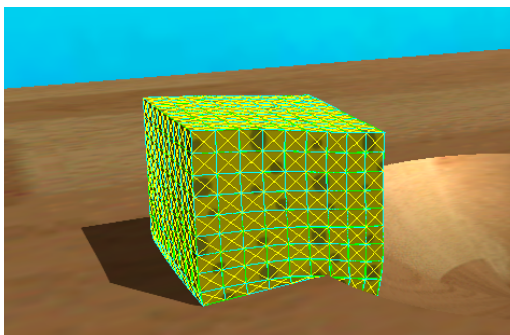
Result and Discussion:

particleNumPerEdge = 3



particleNumPerEdge = 10

```
STRUCT: 2700  
SHEAR: 7776  
BENDING: 2400
```



The difference between integrators :

Explicit Euler：是一個一階積分器，它使用函數的當前值及其導數來預測函數在下一時間步的值。此方法易於實施，但不如高階方法準確和穩定。顯式 Euler 可能適用於簡單問題，但對於複雜或剛性 ODE 可能不太有效。

Implicit Euler：是一階積分器，但它使用下一時間步的導數來預測該時間步的函數值。此方法比顯式 Euler 更穩定，但需要在每個時間步求解一個非線性方程，這在計算上可能很昂貴。隱式 Euler 更適合剛性 ODE。

中點歐拉：是一個二階積分器，它使用兩個時間步之間的中點處的導數來預測下一個時間步的函數值。此方法比顯式 Euler 方法更準確，比隱式 Euler 方法更穩定，但對於某些問題而言計算量仍然很大。

Runge-Kutta Fourth：是一個四階積分器，它使用四個估計值的加權平均值來預測下一時間步的函數值。該方法比中點歐拉法和顯式歐拉法更準確，比隱式歐拉法更穩定。Runge-Kutta 第四種方法是用於求解 ODE 的最廣泛使用的數值積分器，適用於範圍廣泛的問題。

Effect of parameters :

彈簧係數 (springCoef)：這個參數決定了彈簧的剛度。增加彈簧係數會使彈簧更硬，這意味著它會更強烈地抵抗變形。在物理系統中，這會導致更強的恢復力和更快的振盪。

阻尼係數 (damperCoef)：這個參數決定了一個系統對運動有多大的阻力。增加阻尼係數將導致更大的阻尼，這意味著系統將更強烈地抵抗振盪。這會導致系統振盪變慢和穩定時間變長。

阻力係數 (coefResist)：該參數決定了物體在空氣或水等介質中移動時所受到的阻力大小。增加阻力係數會導致更大的阻力，這意味著物體在穿過介質時會遇到更大的阻力。這可能會導致對象的運動速度變慢和最大速度降低。

摩擦係數 (coefFriction)：這個參數決定了兩個接觸面之間的摩擦力大小。增加摩擦係數將導致更大的摩擦力，這意味著將更難使表面相對於彼此移動。這會導致運動變慢，並且由於摩擦會以熱量的形式損失更多的能量。