

# Multimédia a počítačová animace

Cvičení - Simulace látky

# Z přednášky...

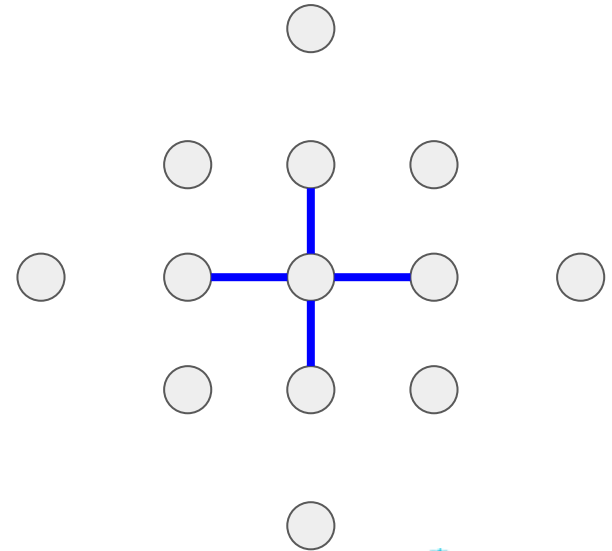
- Varianty simulace látek
  - Diskrétní
    - Mřížka hmotných bodů
    - Body jsou propojené např. pružinami
  - Spojité
    - Použití křivek
  - Částicové
    - Podobné diskrétním

# Z přednášky...

- Xavier Provot - Deformation constraints in a mass-Spring model
  - Diskretizovaná látka
    - Hmotné body
    - Pružiny
  - Jednoduchý algoritmus
    - Pro každý hmotný bod
      - Sečti síly všech pružin spojených s bodem
      - Výslednou sílu aplikuj na hmotný bod

# Typy pružin

- **Strukturální**
  - Kryjí síly při...
    - Mačkání (komprese)
    - Roztahování



Zdroj: X. Provot, Deformation Constraints in a Mass-Spring Model to Describe Rigid Cloth Behavior Proceedings of Graphics Interface, 1995

( <https://graphicsinterface.org/wp-content/uploads/gi1995-17.pdf> )

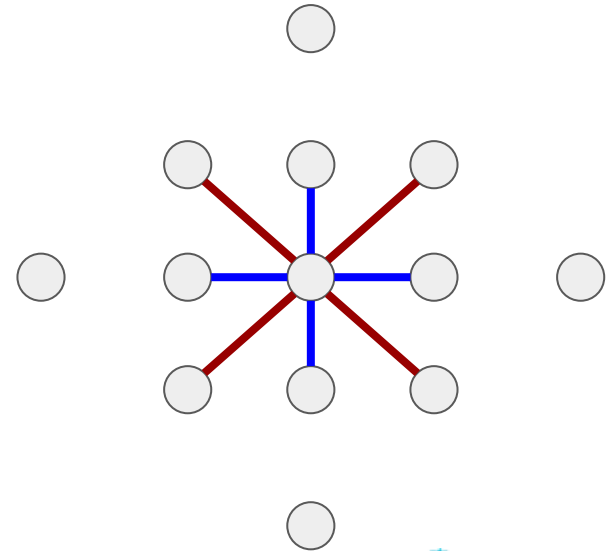
# Typy pružin

- **Strukturální**

- Kryjí síly při...
  - Mačkání (komprese)
  - Roztahování

- **Kosící (shear)**

- Kryjí...
  - Síly působící při kosení látky

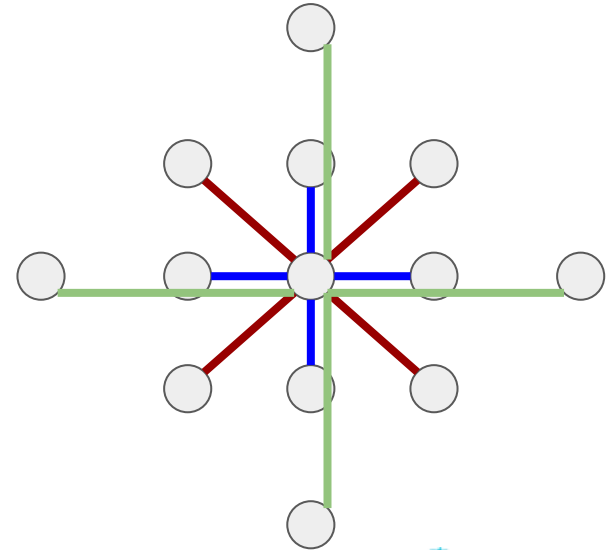


Zdroj: X. Provot, Deformation Constraints in a Mass-Spring Model to Describe Rigid Cloth Behavior Proceedings of Graphics Interface, 1995

( <https://graphicsinterface.org/wp-content/uploads/gi1995-17.pdf> )

# Typy pružin

- **Strukturální**
  - Mačkání (komprese)
  - Roztahování
- **Kosící (shear)**
  - Síly působící při kosení látky
- **Flexní (flex/bend)**
  - Síly působící při flexi (např. ohýbání)



Zdroj: X. Provot, Deformation Constraints in a Mass-Spring Model to Describe Rigid Cloth Behavior Proceedings of Graphics Interface, 1995

( <https://graphicsinterface.org/wp-content/uploads/gi1995-17.pdf> )

# Síly pružin

## - Elasticita

- Pružina se snaží vrátit se do původní (klidové) délky:

$$K_{i,j,k,l} \left[ \mathbf{l}_{i,j,k,l} - l_{i,j,k,l}^0 \frac{\mathbf{l}_{i,j,k,l}}{|\mathbf{l}_{i,j,k,l}|} \right]$$

$K_{i,j,k,l}$

- Koeficient elasticity

$\mathbf{l}_{i,j,k,l}$

- Vzdálenost hm. bodů (i,j) -> (k,l)

$l_{i,j,k,l}^0$

- Klid. délka pružiny

$C_{dis}, C_{damp}$

- Koeficient tlumení

$\mathbf{x}_{i,j}$

- Pozice bodu (i,j)

$\mathbf{v}_{i,j}$

- Rychlost bodu (i,j)

# Síly pružin

## - Elasticita

- Pružina se snaží vrátit se do původní (klidové) délky:

$$K_{i,j,k,l} \left[ \mathbf{l}_{i,j,k,l} - l_{i,j,k,l}^0 \frac{\mathbf{l}_{i,j,k,l}}{|\mathbf{l}_{i,j,k,l}|} \right]$$

## - Tlumení

- Možné modelovat viskozitou (externě):

$$-C_{dis} \mathbf{v}_{i,j}$$

$K_{i,j,k,l}$

- Koeficient elasticity

$\mathbf{l}_{i,j,k,l}$

- Vzdálenost hm. bodů (i,j) -> (k,l)

$l_{i,j,k,l}^0$

- Klid. délka pružiny

$C_{dis}, C_{damp}$

- Koeficient tlumení

$\mathbf{x}_{i,j}$

- Pozice bodu (i,j)

$\mathbf{v}_{i,j}$

- Rychlost bodu (i,j)



# Síly pružin

## - Elasticita

- Pružina se snaží vrátit se do původní (klidové) délky:

$$K_{i,j,k,l} \left[ \mathbf{l}_{i,j,k,l} - l_{i,j,k,l}^0 \frac{\mathbf{l}_{i,j,k,l}}{|\mathbf{l}_{i,j,k,l}|} \right]$$

## - Tlumení

- Možné modelovat viskozitou (externě):

$$-C_{dis} \mathbf{v}_{i,j}$$

- Nebo interním tlumením pružin:

$$C_{damp} \frac{(\mathbf{v}_{k,l} - \mathbf{v}_{i,j}) \cdot (\mathbf{x}_{k,l} - \mathbf{x}_{i,j})}{|\mathbf{x}_{k,l} - \mathbf{x}_{i,j}|} \frac{(\mathbf{x}_{k,l} - \mathbf{x}_{i,j})}{|\mathbf{x}_{k,l} - \mathbf{x}_{i,j}|}$$

$K_{i,j,k,l}$

- Koeficient elasticity

$\mathbf{l}_{i,j,k,l}$

- Vzdálenost hm. bodů (i,j) -> (k,l)

$l_{i,j,k,l}^0$

- Klid. délka pružiny

$C_{dis}, C_{damp}$

- Koeficient tlumení

$\mathbf{x}_{i,j}$

- Pozice bodu (i,j)

$\mathbf{v}_{i,j}$

- Rychlost bodu (i,j)

# Simulace látky

Úkol - metoda výpočtu síly pružiny

- ClothSpring.cpp
  - GetActingForce()
    - Započítat:
      - Tlumení (Damping)
      - Faktor elastičnosti (Elasticity)
  - AddForceToNodes()
    - Přidat symetricky působící sílu oběma bodům

# Simulace látky

## Úkol - metoda výpočtu síly pružiny

- ClothSpring.cpp
  - GetActingForce()
    - Započítat:
      - Tlumení (Damping)
      - Faktor elastičnosti (Elasticity)
    - AddForceToNodes()
      - Přidat symetricky působící sílu oběma bodům
  - Potřebujete...
    - Zjistit klidovou délku pružiny
    - Spočítat elastickou sílu pružiny podle klidové a reálné délky
    - Spočítat tlumící sílu pružiny
    - Síly sečíst a vrátit

# Super-elasticita

- Látka se příliš natahuje
- Skutečná látka ztrácí při větším natažení elasticitu (není to konstanta pomyslných pružin)
- Jedno z možných řešení: omezení maximální deformace pružiny
  - Po posunutí hmotných bodů na nové pozice
  - Spočte se deformační faktor pružiny
    - Pokud je nad kritickou hodnotou, oba body (nebo jen ten, který není fixní) se posunou ve směru pružiny tak, aby deformační faktor byl právě na kritické hodnotě.
- Viz: **X. PROVOT: Deformation Constraints in a Mass Spring Model to Describe Rigid Cloth Behavior**

<https://graphicsinterface.org/wp-content/uploads/gi1995-17.pdf>

